



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské techniky

**Prospektivní studie pacientů s oslabením
horní končetiny po cévní mozkové příhodě**

**Prospective study of patients with the
weakening of the upper limb after stroke**

Diplomová práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Biomedicínský inženýr

Autor diplomové práce: Bc. Marcela Barešová

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

Kladno 2017

Z a d á n í d i p l o m o v é p r á c e

Student: **Bc. Marcela Barešová**
Studijní obor: Biomedicínský inženýr
Téma: **Prospektivní studie pacientů s oslabením horní končetiny po cévní mozkové příhodě**
Téma anglicky: Prospective study of patients with the weakening of the upper limb after stroke

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


Ve skupině pacientů s cévní mozkovou příhodou ověřte pomocí statistických metod validitu klinického hodnocení klasických testů na parézu horní končetiny prováděných pomocí Mingazziniho, Dofourovy, Barrého a Hanzalovy zkoušky a zkoušky retardace. Za vztažnou metodu považujte kvantitativní měření poklesu postižené paže pomocí tabletu s definovanou metodikou. Prostřednictvím vhodné aplikace realizujte automatické určení syndromu.

Seznam odborné literatury:

- [1] Gudrun Johansson, Clinical and kinematic assessments of upper limb function in persons with post-stroke symptoms, 2015, 74 s., Umeå, Sweden. Disertační práce na Department of Community Medicine and Rehabilitation, Physiotherapy. ISBN: 978-91-7601-280-2. ISSN: 0346-6612. Dostupné z: <http://umu.diva-portal.org/>.
- [2] Santisteban L, Térémetz M, Bleton J-P, Baron J-C, Maier MA, Lindberg PG, Upper Limb Outcome Measures Used in Stroke Rehabilitation Studies: A Systematic Literature Review, PLoS ONE, ročník 11, číslo 5, 2016, e0154792. doi:10.1371/journal.pone.0154792
- [3] Lang, C. E., Bland, M. D., Bailey, R. R., Schaefer, S. Y., & Birkenmeier, R. L., Assessment of Upper Extremity Impairment, Function, and Activity Following Stroke: Foundations for Clinical Decision Making, Journal of Hand Therapy : Official Journal of the American Society of Hand Therapists, ročník 26, číslo 2, 2013, pp. 104-115 s., <http://doi.org/10.1016/j.jht.2012.06.005>

Vedoucí: doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.
Konzultant: as. MUDr. Rudolf Černý, CSc., FN Motol

Zadání platné do: 20.08.2018


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

V Kladně dne 20.02.2017

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „*Prospektivní studie pacientů s oslabením horní končetiny po cévní mozkové příhodě*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně 19. 5. 2017

.....

Bc. Marcela Barešová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Hozmanovi, Ph.D. za odborné vedení, přístup a cenné rady. Poděkování patří také odbornému konzultantovi as. MUDr. Rudolfovi Černému CSc. z Fakultní nemocnice Motol, bez kterého by studie nemohla vzniknout. Panu Ing. Jakobovi Ráflovi, Ph.D. a panu Ing. Janu Hejdovi děkuji za odborné rady a trpělivost. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat také své rodině za podporu při studiu.

ABSTRAKT

Prospektivní studie pacientů s oslabením horní končetiny po cévní mozkové příhodě

Klasické testy na diagnostiku paréz po cévní mozkové příhodě neprošly od 19. století prakticky žádným vývojem, ani hodnocením validity. Cílem studie je porovnání výsledků klasických testů s kvantitativním měřením poklesu paže. Výsledkem práce by mělo být objasnění, zda je klasické použití metod dostačující pro klinickou praxi a jaké výhody a nevýhody by přineslo zavedení kvantitativního měření.

Pokles paže byl měřen pomocí tabletu Wacom Intuos3 A5 Wide. Testovací data, která vznikla simulací poklesu paže, a dále data od 15 pacientů po cévní mozkové příhodě byla statisticky zpracována s využitím korelačních koeficientů, Bland-Altmanova diagramu, regresní analýzy a analýzy reziduí.

Nebyla zjištěna výraznější korelace zkoušek Hanzalovy, Dufourovy, Barrého a retardace vůči zkoušce Mingazziniho provedené na tabletu. Jmenované zkoušky pravděpodobně nelze nahradit pouhým sledováním poklesu paže. Při hodnocení poklesu paže se lékařův odhad výrazně odlišuje od měření na tabletu za hranicí poklesu -10 cm. Lze sice stanovit model pro eliminaci systematické chyby, ale takový model se při testování na patientských datech neosvědčil. Model vzniklý analýzou poklesů simulovaných zdravým jedincem nepočítá s chybou způsobenou například deformacemi končetin.

Ze studie vyplývá možnost nahrazení Mingazziniho zkoušky pomocí hodnocení tabletem.

Klíčová slova

Paréza, cévní mozková příhoda, prospektivní studie, kvantitativní hodnocení, tablet.

ABSTRACT

Prospective study of patients with the weakening of the upper limb after stroke

The conventional methods for diagnosing the weakening after stroke are the same since 19th century. The aim of the master's thesis is verification of clinical rating validity using conventional methods for testing patients with the weakening of the upper limb after stroke. Referential data was measured using the digitizer. Conclusion should be a clarification of conventional methods are sufficient for the clinical use and what advantages and disadvantages would bring the new method of quantity rating.

The digitizer which I used was Wacom Intuos3 A5 Wide. I measured simulated arm drops and then 15 patients after stroke. Statistical methods used in this thesis are correlation, Bland Altman analysis, regression analysis and analysis of residue.

Any distinct correlation of Hanzal, Dufour, Barre and retardation tests with the Mingazzini test measured with the digitizer was not found. The doctor's presumption of the drop value is boldly different from measurement with the digitizer, especially when it is lower than -10 cm. Model for eliminating the systematical error can be found, but it does not work properly on patient's measured data. The model does not count with errors caused by deformities of patient's hands.

Quantitative measurement reveals even very light paresis and is very useful especially when it comes to monitoring the patient's recovery.

Keywords

Paresis, stroke, prospective study, quantity rating, digitizer.

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	8
1 Úvod	9
1.1 Testování paréz po CMP	9
1.1.1 Klasické testy na parézu horní končetiny.....	10
1.2 Grafický tablet Wacom Intuos	15
1.2.1 Aplikace Parkinson Disease Database	16
1.2.2 Kvantitativní měření poklesu paže.....	17
1.3 Současný stav kvantitativního hodnocení paréz	17
1.4 Cíle práce	19
2 Metody	20
2.1 Testovací data	20
2.2 Studovaná skupina.....	22
2.3 Vyšetření s použitím klasických testů	23
2.4 Měření na tabletu.....	23
2.5 Analýza dat	25
2.6 Statistické vyhodnocení dat	29
2.7 Automatické určení syndromu	31
3 Výsledky	35
3.1 Validita klinického hodnocení klasických testů.....	35
3.1.1 Testovací data	35
3.1.2 Studovaná skupina	43
3.2 Automatické určení syndromu	48
3.2.1 Testování principu.....	48
4 Diskuse	51
5 Závěr	55
Seznam použité literatury	56
Příloha A: Dokumenty k provedení studie	59
Příloha B: Obsah přiloženého CD	64

Seznam symbolů a zkratk

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
$Dist$	cm	Celková výchylka měřená na tabletu
r	-	Korelační koeficient
s_x	-	Směrodatná odchylka proměnné x
s_y	-	Směrodatná odchylka proměnné y
s_{xy}	-	Kovariance proměnných x a y
σ	-	Směrodatná odchylka
n	-	Počet měření
LS	-	Limity shody
θ	rad	Úhel poklesu
L	cm	Délka paže od akromia po špičku stylusu
$L2$	cm	Délka paže od akromia po špičku ukazováku
A	cm	Metoda A – měření lékařem
B	cm	Metoda B – měření tabletem
b_0	-	Parametr popisující polohu přímky lineární regrese
b_1	-	Parametr popisující směrnici přímky lineární regrese
E	-	Náhodná chyba modelu
R^2	-	Koeficient determinace
s_{diff}	-	Směrodatná odchylka rozdílu měření

Seznam zkratk

Zkratka	Význam
CMP	Cévní mozková příhoda
HK	Horní končetina
DK	Dolní končetina
FN	Fakultní nemocnice

1 Úvod

Počet případů cévních mozkových příhod (CMP) v posledních několika desetiletích výrazně vzrostl a v návaznosti s tím i nutnost co nejefektivnějšího řešení sekundárních komplikací, které s tímto onemocněním souvisejí. Vlivem životního stylu a vnějších vlivů se cévní mozkové příhody již nevyskytují výhradně u starší populace, ale jejich počet stoupá i u obyvatel v produktivním věku. Cévní mozkové příhody jsou nejenom jedním z nejčastějších příčin úmrtí u nás i ve světě, ale jsou také nejčastější příčinou invalidizace u mužů nad 60 let a u žen nad 45 let [1]. Především u mladší generace je nezbytné umožnění co nejrychlejšího návratu do běžného života a pracovního procesu. Ke zlepšení kvality života a urychlení procesu zotavení v případech po CMP nejvíce napomáhá včasná a správně zvolená rehabilitace, které bezpodmínečně musí předcházet dostatečně přesná diagnostika postižení a jeho vývoje v čase.

Pro diagnostiku stupně postižení pacientů po CMP se využívá široká škála testů, ze kterých si lékař dle osobních preferencí a zkušeností volí ty, které uznává za nejvhodnější. Téměř vždy se využívá soubor testů (ačkoli většinou ne celý - tak jak je uveden v této práci, ale v různých kombinacích) na parézu horní končetiny (HK) a jeho modifikace pro případ dolní končetiny (DK). Vyšetřování parézy horní končetiny dle testů Mingazziniho, Hanzalova, Dufourova a Barrého se bohužel neopírá o přesně naměřená data, ale vychází pouze z osobního dojmu lékaře a z jeho odhadu. Tento způsob testování je od 19. století stejný a jeví se jako užitečný, nicméně je žádoucí jeho vývoj.

Dosud nebylo zpracováno vyhodnocení přesnosti klasických zkoušek prováděných při analýze poruch souvisejících s poškozením nervových drah u horních končetin vůči zlatému standardu. Na absenci studie poukázalo neurologické pracoviště Fakultní nemocnice v Motole, která by touto cestou ráda optimalizovala své vyšetřovací postupy. Statistické zhodnocení validity klasických testů a nalezení případných korelací se zlatým standardem by mohl pomoci zvýšit přesnost diagnostických zkoušek a případně dokonce zkrátit dobu vyšetření, což je faktor, který ocení především lékaři.

1.1 Testování paréz po CMP

Při cévní mozkové příhodě nejčastěji vzniká syndrom centrální hemiparézy. Jedná se o postižení pyramidové (kortikospinální) dráhy a některých extrapyramidových drah. [2] Pro stanovení závažnosti parézy se mimo jiné sleduje chování horních a dolních končetin pacienta na zdravé a postižené polovině těla.

1.1.1 Klasické testy na parézu horní končetiny

Při vyšetření rozsahu postižení po prodělané CMP sledujeme chování horních končetin při různých počátečních podmínkách. Pozorované jevy, které se u pacientů projevují, se řadí mezi zánikové pyramidové jevy a jejich zkoumání má smysl u lehkých a začínajících případech obrny k jemnější detekci motorického deficitu a k nastavení vhodné rehabilitační léčby. Paretické jevy mohou být pozitivní při lézi centrálního i periferního neuronu a detekují vždy pouze parézu, nikoli její samotný typ [3] [4].

Klasické testy jmenované níže jsou aktuálně v klinické praxi vyhodnocovány pouze orientačně a jejich sledování je zatíženo chybou odhadu. Výrazný problém nastává v případech, že se sleduje pacientův stav pro hodnocení úspěšnosti rehabilitace a lékař není pouhým okem schopný zhodnotit jemné zlepšení. Další problém nastává, když se při kontrolách pacienta střídá více ošetřujících lékařů a odhad každého se lehce liší.

V článku z roku 2012 se Lang et al. [5] zmiňuje, že při paréze HK po CMP jsou obdobně narušeny pohyby všech jednotlivých segmentů končetiny. Z toho vyplývá, že stačí změřit pouze některé segmenty a ostatní lze odhadnout. Pokud by se zjistilo, že je výrazná korelace mezi měřením poklesu paže a ostatními projevy parézy, bylo by možné zkrátit délku vyšetření a pacient by místo 5 testů mohl vykonávat pouze jeden.

Fotografie použité pro ilustraci jednotlivých zkoušek jsou jediné materiály zachycující stejnou formou metodiku všech 4 testů, které se podařilo nalézt, protože samotná metodika je velmi stará a o její zaktuálnění nikdo nedbá. Fotografie velmi dobře demonstrovují reálné chování končetin při parézách a nechybí mezi nimi jinak opomíjená zkouška Barrého, která jinak v literatuře není k nalezení.

Mingazziniho zkouška/test

Při testu pacient zavře oči a předpaží v pronaci (s dlaněmi dolů). Po dobu přibližně 30 sekund vyšetřující lékař pozoruje stabilitu končetin (Obr. 1.1 – 1.3). Na straně parézy je pozorovatelný pokles celé horní končetiny, který je odhadován v centimetrech [3] [6]. Pacient při vyšetření může stát, sedět, nebo ležet na zádech.



Obrázek 1.1: Mingazziniho zkouška – počáteční pozice paží. Převzato z [7].



Obrázek 1.2: *Mingazziniho zkouška – pozitivní projev. Pokles pravé HK. Převzato z [7].*



Obrázek 1.3: *Mingazziniho zkouška prováděná vleže. Pozitivní paréza pravé HK. Převzato z [7].*

Hanzalova zkouška (Hanzalův fenomén)

Při testu pacient zavře oči a předpaži v pronaci (s dlaněmi dolů). Po dobu zhruba 30 sekund vyšetřující lékař pozoruje stabilitu rukou (Obr. 1.4). Na rozdíl od Mingazziniho jevu je na straně parézy viditelný pokles pouze ruky v nezávislosti na poklesu paže [3].

Hanzalova zkouška, respektive Hanzalův fenomén, se v praxi sleduje rovnou při provádění zkoušky Mingazziniho, neboť spolu úzce souvisí a počáteční polohování je stejné. Tento fenomén zároveň není příliš častý. Pacient při testu stojí, sedí, nebo leží.



Obrázek 1.4: *Hanzalův fenomén - pozitivní pro pravou ruku. Převzato z [7].*

Dufourova zkouška/test

Pacient má při testu zavřené oči a předpažené ruce v maximální supinaci (dlaněmi vzhůru). Na straně parézy se ruka a předloktí začne přetáčet do pronace (Obr. 1.5 a 1.6). V případě klesání paže se nejčastěji jedná o simulaci a není to validní informace [3] [6]. Při testu může pacient stát, nebo sedět.



Obrázek 1.5: *Dufourova zkouška - počáteční pozice rukou v maximální supinaci. Převzato z [7].*



Obrázek 1.6: *Dufourova zkouška - pozitivní projev. Tendence pravé ruky k přetočení do pronace. Převzato z [7].*

Barrého zkouška/test

Pacient má zavřené oči a předpažené ruce s dlaněmi k sobě (Obr. 1.7 a 1.8). Provede maximální abdukci prstů a na straně parézy pozorujeme menší rozsah roztažení prstů [4]. Vyšetření se provádí ve stoje, v sedě, i v leže.



Obrázek 1.7: Zkouška Barrého - počáteční poloha, fyziologický stav. Převzato z [7].



Obrázek 1.8: Zkouška Barrého – pozitivní projev na pravé ruce. Převzato z [7].

Zkouška retardace

Pacient má zavřené oči a stojí/sedí s připažením. Při zvedání natažených paží do předpažení (vertikální elevace) je na paretické končetině patrné zpoždění [3]. Zvedání a pokládání paží se opakuje několikrát, protože jev se často neprojeví hned.

1.2 Grafický tablet Wacom Intuos

V neuro-otologické ordinaci ve Fakultní nemocnici v Motole se od roku 2007 používá grafický tablet Wacom Intuos pro diagnostiku pacientů s Parkinsonovou chorobou a podpůrnou diagnostiku dalších pacientů, trpících třesem. V roce 2007 byla zároveň pro účely těchto vyšetření ve spolupráci s lékaři navrhnutá sada testů pro sledování poruch souvisejících se třesem ruky. Pacienti sledovaní pro přítomnost třesu jsou při vyšetřování instruováni ke kreslení čar horizontálních, vertikálních, diagonálních a dále ke kreslení osmiček, spirál a psaní textu. Jedná se o testy běžně využívané v lékařské praxi pro diagnózu Parkinsoniků.

Využití tabletu bylo v roce 2011 rozšířeno o diagnostiku poruch vestibulárního aparátu – vyšetření Hautantovým testem. Toto vyšetření spočívá ve sledování stranové výchyly. Pozoruje se, zda se pacient naklání na pravou, nebo levou stranu a případná přítomnost vertikální výchyly.

Grafické tablety řady Wacom Intuos byly od roku 2007 několikrát obměněny za novější verze. V současné době je v Neuro-otologické ordinaci Fakultní nemocnice v Motole nainstalován tablet Wacom Intuos3 A5 Wide (Obr. 1.9).

Parametry a specifikace tabletu Wacom Intuos3 A5 Wide (*informace z průvodní dokumentace k tabletu*):

Tablet:

Celkové rozměry: 418 x 262 x 14 mm

Aktivní plocha: 271 x 159 mm (16:10)

Rozlišení: 5080 dpi

Rozhraní: USB

Hmotnost: 1400 g

Pero:

Hmotnost: 12 g

Přesnost hrotu: +/- 0,25 mm

Sklon pera: +/- 60 stupňů

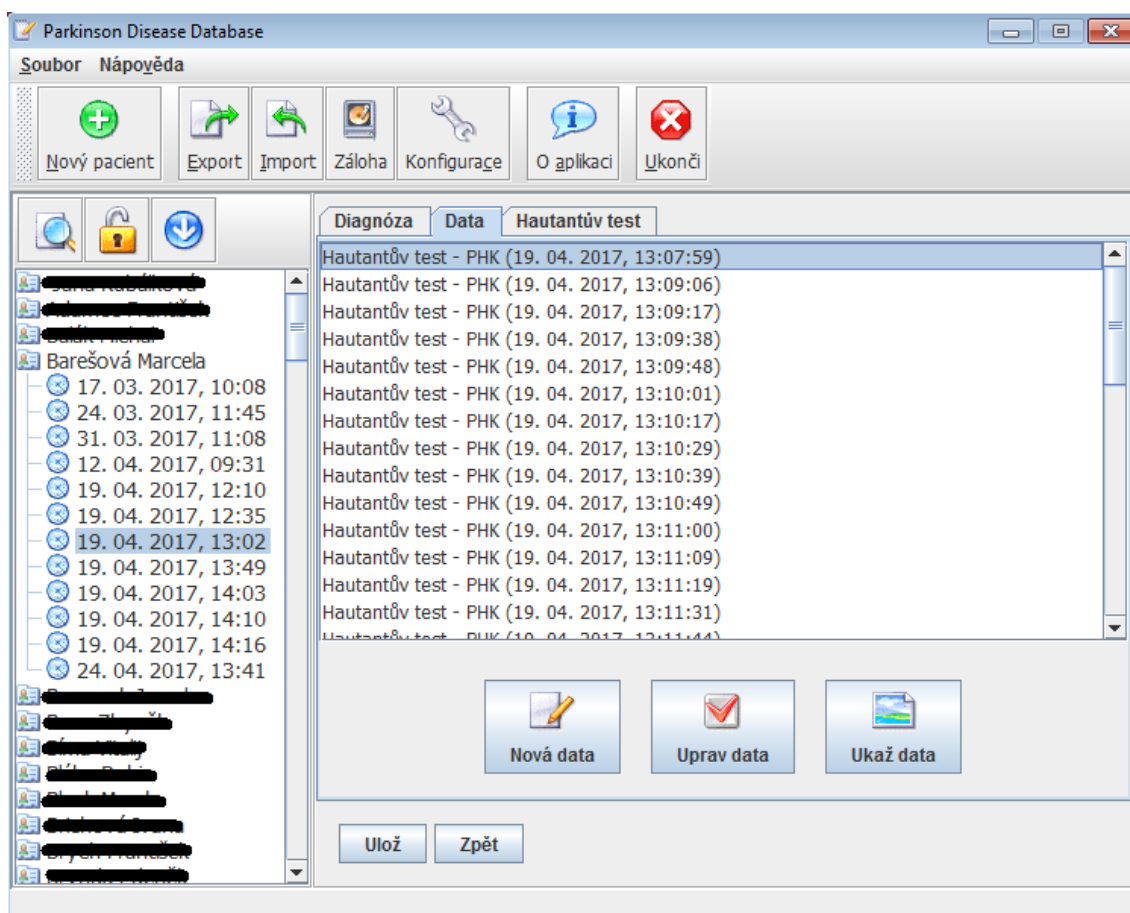


Obrázek 1.9: *Tablet Wacom Intuos3 A5 Wide, včetně stylusů. Převzato z [8].*

1.2.1 Aplikace Parkinson Disease Database

K tabletu byla navržena aplikace Parkinson Disease Database v programovacím jazyce Java. Aplikace slouží k zaznamenávání údajů o pacientech a o jednotlivých vyšetřeních, umožňuje také ukládání a správu naměřených dat po provedení testů.

Grafické rozhraní je intuitivní a jednoduché (k vidění na Obr. 1.10). Prostředí je rozděleno na tři základní bloky – horní, levý a pravý. V horní části jsou umístěny ovládací prvky. V levé části je abecední (možno změnit za časovou posloupnost) seznam pacientů. Pravá a největší část okna aplikace je vyhrazena pro zadávání informací o pacientech a poté zobrazení probíhajícího (či již proběhlého) vyšetření.



Obrázek 1.10: Vzhled aplikace *Parkinson Disease Database*. V levé části jsou začerněna jména pacientů s ohledem na jejich anonymitu. V pravé části je možno vidět soubor proběhlých vyšetření (v tomto případě vidíme proces simulace testovacích dat).

1.2.2 Kvantitativní měření poklesu paže

Kvantitativní měření prováděné pomocí tabletu spočívá v měření délkové výchylky a následném automatickém výpočtu úhlové výchylky. V rámci provádění Hautantova testu se klade důraz na stanovení míry horizontálního vychýlení pacientových paží vůči počáteční poloze. Aplikace v tabletu umožňuje zadání délky paže pro výpočet úhlové výchylky a dále umožňuje ukládání naměřených výsledků do databáze, díky které je poté možné porovnat jednotlivá vyšetření jednoho pacienta v průběhu času a určit tak vývoj poruchy [9].

1.3 Současný stav kvantitativního hodnocení paréz

Cévní mozkové příhody jsou nejčastější příčinou invalidity dospělých a téměř 85% pacientů následkem CMP trpí určitým stupněm parézy horní končetiny [10] [11].

Ačkoli by standardizace v procesech diagnostiky usnadnila rehabilitaci daných patientských skupin, tak ze článků z let 2011 a 2015 [12] [13] je zřejmé, že v tomto ohledu nedošlo k žádnému posunu vpřed. V člancích je detailně rozebráno kombinování různých diagnostických metod ve snaze vytvořit co nejcelistvější pohled na pacientův

stav. Absence systematiky vyšetření ale vylučuje možnost porovnání pacientů navzájem a také monitoring zlepšení/zhoršení jejich stavu.

V knize Neurologie v rehabilitaci [3] je uvedeno, že při diferenciální diagnostice parézy horní končetiny je standardně používáno několik hodnotících zkoušek. Jedná se především o zkoušky Mingazziniho, Dufourovy, Barrého, Hanzalovy a zkoušky retardace. Volí se buď jedna zkouška, nebo (a to častěji) se využívá jejich kombinace.

Jette et al. [14] ve své studii z roku 2009 poukazují na skutečnost, že volba prováděné zkoušky je závislá nejen na anamnéze pacienta, ale především na osobních preferencích jednotlivých lékařů a na dostupných prostředcích a časových možnostech. Tento fakt ale výrazně ovlivňuje diverzitu v kvalitě vyšetření.

Srovnání metod využívaných pro diagnostiku parézy horní končetiny po CMP a frekvenci jejich využívání hodnotí ve svém článku z roku 2012 Lang et al. [5] a pak také ve článku z roku 2016 Leire Santisteban [15]. Metody zmíněné v knize Neurologie v rehabilitaci [3] jsou v těchto případech zmíněny jako součást souborů testů, které využívají navíc i jiné ve světě rozšířené zkoušky. Nejčastěji se jedná o hodnocení hybnosti prstů, ruky a předloktí. Autoři obou článků poukazují na již zmíněnou variabilitu používaných metod v závislosti na osobních preferencích lékařů, spojených také s časovou náročností vyšetření. Volba testů závisí také na požadavcích na výsledek vyšetření a na tom, zda je pacient v akutní, nebo chronické fázi postižení. Kvůli přílišné diverzitě používaných metod studie poukazuje na nemožné srovnání výpovědní hodnoty testů a na fakt, že z nich nelze vybrat univerzální a nejlepší, dokud jejich použití nebude unifikováno.

V roce 2014 byl publikován článek [16], zabývající se tématem potřeby kvantitativního hodnocení poklesu horní končetiny po CMP a možnostmi využití akcelerometrů pro tyto účely. Tato metoda se prozatím ukázala jako nejvíce praktická, neboť umožňuje pozorování pacienta i v domácích podmínkách. Výsledky byly zpracovány ze tří studií a bylo zjištěno, že ve dvou studiích využití akcelerometrů prokázalo úspěšnost rehabilitace a zjevný pokrok, který byl ale stejně tak sledován i při využití klasických testů. Ve třetí studii bylo pomocí klasických testů prokázáno zlepšení stavu pacienta, nicméně použití akcelerometrů v tomto případě nezjistilo žádný rozdíl oproti původnímu stavu. Výsledky tedy nakonec nebyly příliš vypovídající. Z těchto důvodů je nezbytný další výzkum v oblasti použití akcelerometrů pro kvantitativní hodnocení postižení horní končetiny po CMP.

Podobná myšlenka nahrazení klasických zkoušek přístrojovými a také použití databází při vyšetřeních byla zpracována v disertační práci [17] z roku 2015. V práci se autorka zaměřuje na diagnostiku poruch vestibulárního aparátu a mimo jiné na srovnání zkoušek klasických a přístrojových. Srovnání je provedeno na základě porovnání diagnóz určených lékařem a vzápětí technikou, přičemž stanovisko lékaře je považováno za správné. V oblasti diagnostiky problémů rovnovážného ústrojí

se osvědčily metody jako elektronystagmografie, cranio-korpo-grafie a posturografie, které zároveň kromě přesného měření umožňují i využití počítačové databáze a ukládání získaných dat. Aplikace pro automatické stanovení diagnózy nicméně ve většině případů zklamaly a neshodovaly se s diagnózou lékaře. Z tohoto důvodu je využití aplikací doporučeno spíše jako podpůrný prostředek a kontrolní prvek.

Tématikou porovnání dat vzniklých pozorováním lékaře a dat kvantitativních se zabýval v disertační práci z roku 2015 také Gudrun Johansson [18], který získal potřebná data využitím kamery a snímáním markerů na těle pacienta a následně je porovnával s řadou testů (nicméně odlišných od pozorovaných v této práci).

V rámci této diplomové práce bude jakožto zlatý standard využit tablet Wacom Intuos3 A5 Wide. Diplomant Doležel se ve své práci [19] z roku 2007 zabýval tvorbou databáze a prací s tabletem Wacom Intuos2 A5, za účelem podpory diagnostiky pacientů s Parkinsonovou poruchou a detekce třesu. Této databáze je s výhodou možné využít i pro měření jiných parametrů, než které sledoval Ing. Doležel a bude tedy pro potřeby kvantitativního hodnocení paréz užitečná. Na práci pana Doležela navázal v roce 2009 Bresler [20], který upravil aplikaci tak, aby bylo možné využití novějšího tabletu Wacom Intuos3 A5 Wide s vyšším rozlišením a vyšší snímací frekvencí. Další rozvoj aplikace byl proveden v roce 2011. Hanzlík ve své bakalářské práci [9] rozšířil aplikaci o Hautantův test, který slouží k diagnostice poruchy vestibulárního aparátu a sleduje stranovou výchylku rukou pacienta.

1.4 Cíle práce

Cílem této práce je navrhnout, realizovat a vyhodnotit experiment na pacientech po cévní mozkové příhodě. Výsledky experimentu po statistickém zpracování umožní zhodnocení validity klinického hodnocení klasických testů na parézu horní končetiny. Zjištěné informace budou využity pro optimalizaci vyšetřovacích postupů u pacientů po cévní mozkové příhodě ve Fakultní nemocnici v Motole.

Úkolem studie je zjistit, zda výsledky klasických zkoušek (Mingazziniho, Hanzalovy, Dufourovy, Barrého zkoušky a zkoušky retardace) korelují s poklesem horní končetiny. Dalším cílem je stanovit, zda se lékařův odhad poklesu horní končetiny výrazně odlišuje od měření na tabletu a pokud ano, jestli se jedná o systematickou, nebo náhodnou chybu. V případě zjištění systematické chyby je otázkou, zda lze vytvořit model pro optimální predikci poklesu, který eliminuje chybu odhadu lékaře.

V práci by měl být dále navržen systém pro následné zpracování symptomů zjištěných při vyšetření, který umožní automatické určení odpovídajícího syndromu.

2 Metody

V rámci prospektivní studie byly porovnány dva soubory dat získané od 15 pacientů po lehké CMP. Věk i pohlaví pacientů byly pro tuto studii nepodstatné. Důležitá byla závažnost klinických příznaků pacientů, na základě které byli ošetřujícím lékařem určeni jako vhodní kandidáti pro účast ve studii. Každý pacient, který se měření zúčastnil, byl ústně i písemně seznámen s průběhem zkoušky a svůj souhlas stvrdil podpisem informovaného souhlasu, který byl dne 1. 2. 2017 schválen etickou komisí Fakultní nemocnice v Motole. Vzor schváleného informovaného souhlasu je k nahlédnutí v příloze na konci práce (Příloha A), stejně tak jako vyšetřovací protokol a samotné vyjádření etické komise. Všechny podepsané informované souhlasy a vyšetřovací protokoly budou archivovány na neurologické klinice ve Fakultní nemocnici v Motole.

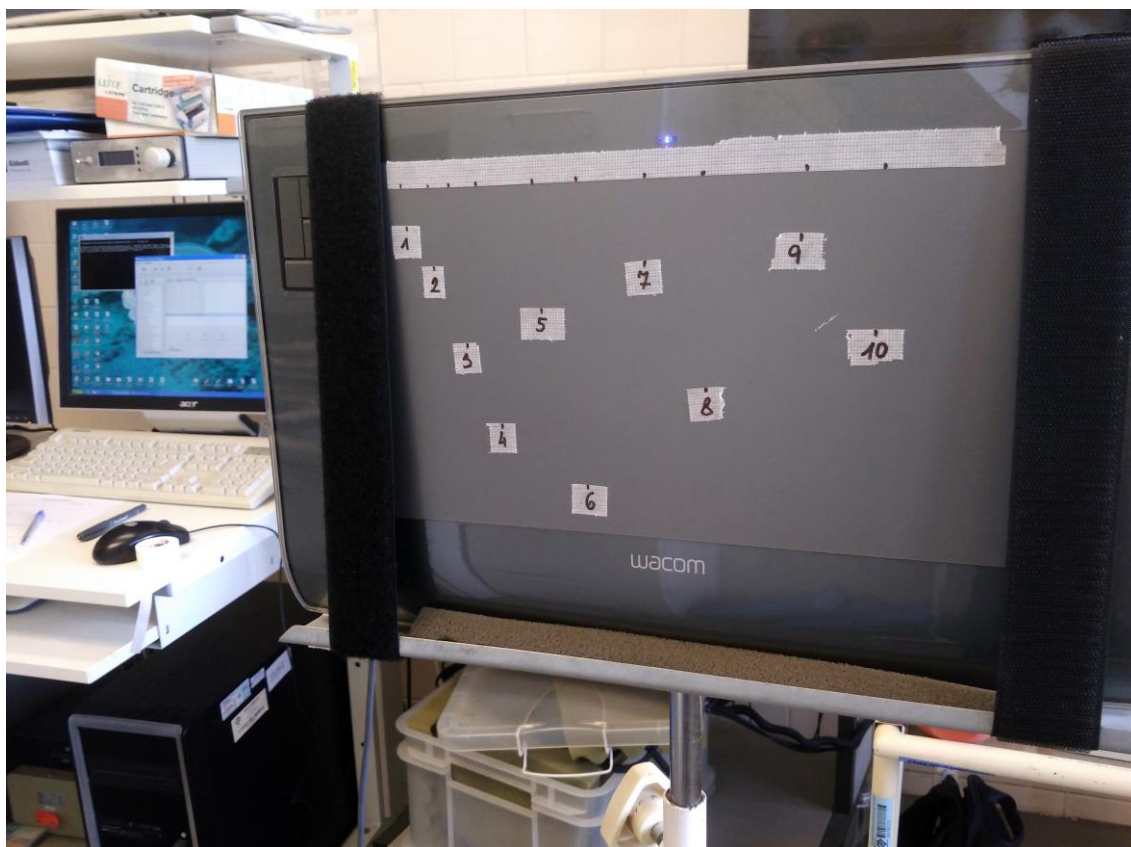
Výsledkem vyšetření jednoho pacienta byly vždy dva soubory dat. V prvním souboru se jednalo o výsledky vyšetření provedeného lékařem s dlouholetými zkušenostmi s diagnostikovaním paréz při použití klasických testů na parézu horní končetiny (Mingazziniho, Hanzalova, Dufourova a Barrého zkouška a zkouška retardace). Ve druhé části jsem provedla měření já pomocí tabletu, jehož detailní charakteristika je definována v předchozích diplomových a bakalářských pracích [19][20][9]. Data byla následně statisticky zpracována s vyhodnocením vzájemné korelace.

Výsledky měřené pomocí tabletu a získané v průběhu vyšetření mohou být dále zpracovány pomocí aplikace pro automatické určení syndromu, která v tomto případě může pomoci lékařům co nejspolehlivěji stanovit (nebo ověřit) diagnózu, případně by mohla sloužit jako podpůrný studijní materiál.

2.1 Testovací data

Pro hledání závislosti mezi poklesem stanoveným lékařem a poklesem skutečným (změřeným) bylo nutné zpracovat více dat, než které bylo možné získat prostřednictvím měření na pacientech. Větší a kvalitnější soubor dat tedy vznikl simulací poklesu paže.

S využitím lepicí pásky jsem na tablet vytvořila startovací linii a dále vždy sadu náhodně rozložených značek po celé výšce tabletu tak, aby byly nasimulovány poklesy v celém vyšetřovaném rozsahu (Obr. 2.1). Značky byly záměrně voleny nahodile v různých výškách, aby co nejvěrněji odrážely vyšetřování na pacientech a lékař si nemohl navyknout na jednu úroveň poklesu. Značky byly umístovány vždy v nepřítomnosti lékaře, aby dopředu neviděl jejich rozložení.

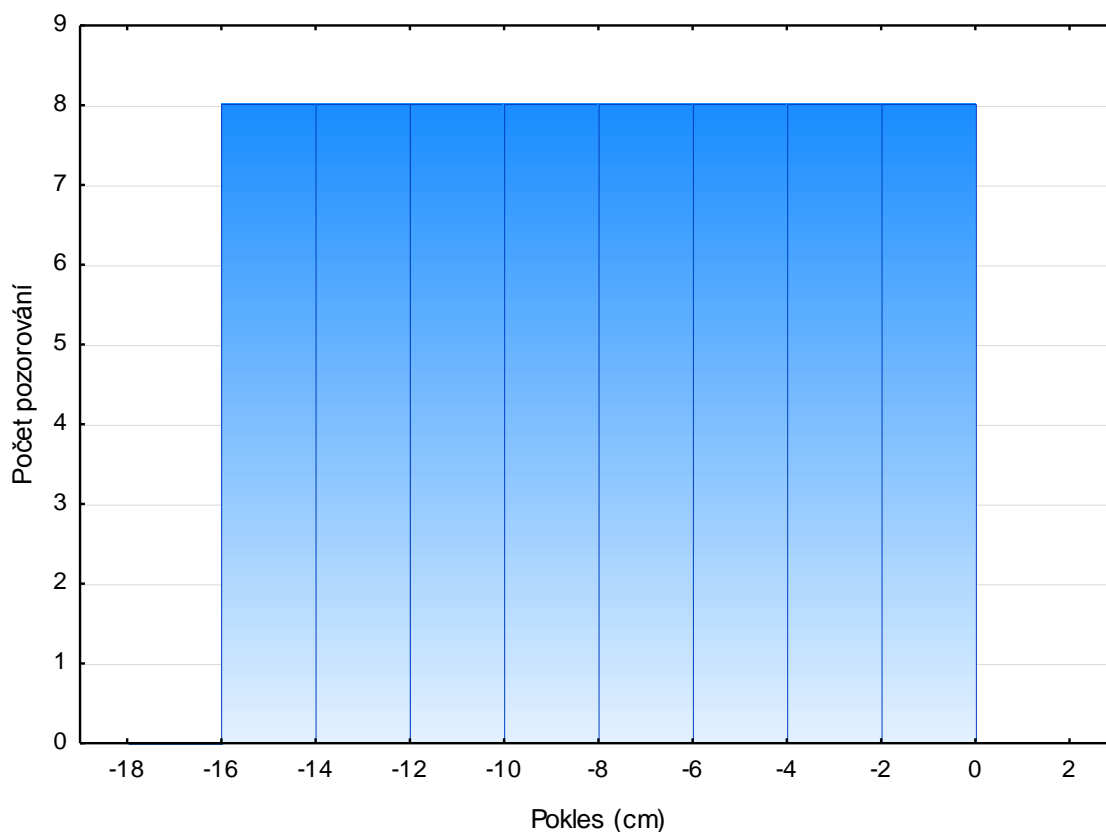


Obrázek 2.1: Rozmístění značek pro testovací měření na tabletu.

Po přípravě displeje tabletu byl lékař požádán, aby hodnotil pokles paže přesně tak, jak to dělá v případě pacientů. Při pozorování poklesu byl tablet k lékaři bokem, neviděl tedy na značky a zároveň neznal ani rozměry pracovního pole tabletu (neměl informace o maximálním rozsahu). Já jsem poté držela vždy jednu ruku ve výšce startovací linie a druhou jsem postupně klesala až k pozici vyznačené lepicí páskou. Poklesy vyhodnocené lékařem byly zaznamenány do protokolu.

Druhý soubor dat vznikl podobnou metodou jako v případě měření na pacientech. Na prst jsem si upevnila stylus a měřila pokles pomocí aplikace. Každá značka symbolizovala jednoho pacienta, proto jsem údaje z měření (stejně jako od pacientů) potřebovala pětkrát. Každý pokles jsem pro přesnost nasimulovala celkem šestkrát a to z toho důvodu, že pokud by se nějaké měření výrazně vymykalo (z jakéhokoli důvodu), mohu ho pro další zpracování vyloučit. Lékař mi také změřil délku paže od akromia po špičku pera, aby bylo možné spočítat úhlové výchylky paže.

Protože jsem chtěla vyhodnotit, jak moc se stanovení lékařem liší od měření tabletem a v případě většího poklesu se dala předpokládat větší chyba, muselo být zajištěno, aby poklesy byly simulovány v celém rozsahu rovnoměrně. Důkaz o rovnoměrném rozložení hloubky poklesu je vidět na Obr. 2.2.



Obrázek 2.2: Histogram ukazující počet měření pro stupeň poklesu paže vždy o dva centimetry.

Celkem bylo naměřeno 64 různých poklesů v rozsahu od 0 do 16 cm.

Díky simulovaným datům bylo možné vysledovat závislost mezi odhadem lékaře a přesným měřením na tabletu a tento vztah pak aplikovat na data změřená na pacientech.

2.2 Studovaná skupina

Pacientská data byla získána celkem od 15 probandů. Ve vyšetřovaném souboru bylo 9 mužů a 6 žen ve věku od 36 do 81 let. Všichni pacienti byli diagnostikováni s lehkou cévní mozkovou příhodou a byli buď hospitalizováni v nemocnici v Motole, nebo přišli do cévní poradny na pravidelnou kontrolu po delší době od prodělání CMP. Pro tuto studii nebyly aspekty jako pohlaví, věk, nebo doba od prodělání CMP nijak omezující.

Po příchodu do ordinace se pacient dle jeho zdravotního stavu posadil na lékařské lehátko, případně zůstal sedět na invalidním vozíku. Poté byl seznámen s průběhem vyšetření a cílem studie a svůj souhlas s účastí stvrdil podpisem informovaného souhlasu.

Všem pacientům byla následně v aplikaci Parkinson Disease Database založena karta se záznamem o jméně, příjmení a rodném čísle pro identifikaci. Dále byla zadána délka paže od akromia po špičku stylusu umístěného na prstě (pro výpočet uhlové výchylky) a poznámka o tom, zda je pacient pravák, či levák (informace podstatná především

v případě testů na sledování třesu, jako je analýza psaného textu, pro tuto studii nepodstatné). Po přípravě vyšetřovacího protokolu bylo možné přejít k samotnému vyšetření.

2.3 Vyšetření s použitím klasických testů

S lékařem jsme se ještě před zahájením studie na pacientech domluvili na způsobu hodnocení jednotlivých zkoušek, protože například u Hanzalovy a Dufourovy zkoušky měl lékař při vyšetření zvykem hodnotit je pouze jako pozitivní/negativní. Pro umožnění následné práce s daty lékař tedy souhlasil s následujícím postupem.

Pacient sedící na lůžku byl instruován lékařem k provedení testů na parézu HK popsanych v úvodu práce. Při zkoušce Mingazziniho byl hodnocen pokles horní končetiny jako odchylka zdravé a paretické paže po 20 sekundách od předpažení. Určenou výchylku v centimetrech (a stejně tak i následující hodnoty) jsem obratem zaznamenala do vyšetřovacího protokolu. Hanzalův fenomén byl sledován souběžně se zkouškou Mingazziniho, což je standardní vyšetřovací postup a byl odhadován také v centimetrech. Při Dufourově testu, při kterém se hodnotí otáčení ruky, lékař prováděl odhady ve stupních. Rozpoznatelné hladiny byly ustanoveny na 0°, 30°, 45°, 70° a 90°. Barrého zkouška a zkouška retardace byla hodnocena jako pozitivní (značeno **1**), či negativní (značeno **0**). Jako pozitivní byly zkoušky vyhodnoceny v případě menšího rozsahu abdukce prstů a přítomnost zpoždování postižené paže vůči zdravé.

V souboru *Tabulka hodnot.xlsx* jsou zaznamenané výsledky vyšetření získané použitím klasických testů. Soubor je součástí elektronické přílohy na CD.

2.4 Měření na tabletu

Protože aplikace k tabletu není konstruována přímo pro měření poklesu – respektive v ní nejsou zahrnuty testy na parézu, využila jsem pro toto měření test Hautantův. Hautantův test sleduje stranovou, ale i vertikální výchylku a po následném ručním zpracování grafů je možné díky němu získat přesnou informaci o hodnotách poklesu paže.

Vzhledem k pohybům, které se při jednotlivých klasických testech sledují, nelze s použitím tabletu zaznamenat všechny projevy parézy. Jediným použitelným testem při provádění měření na tabletu je zkouška Mingazziniho, při které se sleduje vertikální pohyb celé paže. Hanzalův fenomén, při kterém se také sleduje vertikální pokles (i když pouze ruky) se dle informací od as. MUDr. Rudolfa Černého, CSc. projevuje jen velmi zřídka a v případě 15 pacientů sledovaných v rámci této práce byl pozitivní jen jednou a to ještě ve formě úplné parézy ruky, pacient tedy nebyl schopen ruku ani natáhnout, nebylo proto možné sledovat pokles. Dufourova zkouška by teoreticky na tabletu být proveditelná mohla, nicméně trajektorie otáčení by v reálné situaci byla téměř vždy znehodnocena pohybem celé paže, protože u všech pacientů sledujeme určitý stupeň

třesu, případně jím paže poklesá a v grafu by nebylo možné odlišit, jaká část trajektorie odpovídá otočení ruky a jaká artefaktům. Při zkoušce Barrého a zkoušce retardace narážíme na problém s nutností snímat více bodů současně a to není s touto technikou možné.

Z výše zmíněných důvodů byl na tabletu naměřen vždy pokles paže, což odpovídá provedení zkoušky Mingazziniho.

Pacientovi byl na prst umístěn stylus (Obr. 2.3) a zaznamenala jsem do protokolu údaje o délce paže od akromia po špičku ukazováku, dále o délce paže od akromia po špičku stylusu a nakonec také o délce samotné ruky od zápěstí po špičku ukazováku. Tyto údaje byly nezbytné pro následné přepočítání poklesů v centimetrech na úhly v radiánech.



Obrázek 2.3: Upevnění stylusu (pera) na prst pacienta – důsledné uchycení suchým zipem. Špička pera je delší než prsty ruky a přímo se nedotýká tabletu.

Při samotném měření byl tablet umístěný ve stojanu přiblížen k sedícímu pacientovi na vzdálenost natažené ruky tak, aby se přímo nedotýkala špička pera s tabletem a pacient tak nezískal vědomí o pozici ruky. Výška tabletu byla nastavena tak, aby byla dostatečná rezerva pro pohyb pera na všechny strany, protože u některých pacientů byl pokles kombinovaný například s třesem (Obr. 2.4). Zatímco já jsem ovládala aplikaci na počítači, lékař stál za pacientem a hlídal, zda v případě problémů s rovnováhou nemá pacient tendenci přepadávat dozadu (což by zapříčinilo ztrátu spojení s tabletem, nebo v těžších případech i pád nazad).

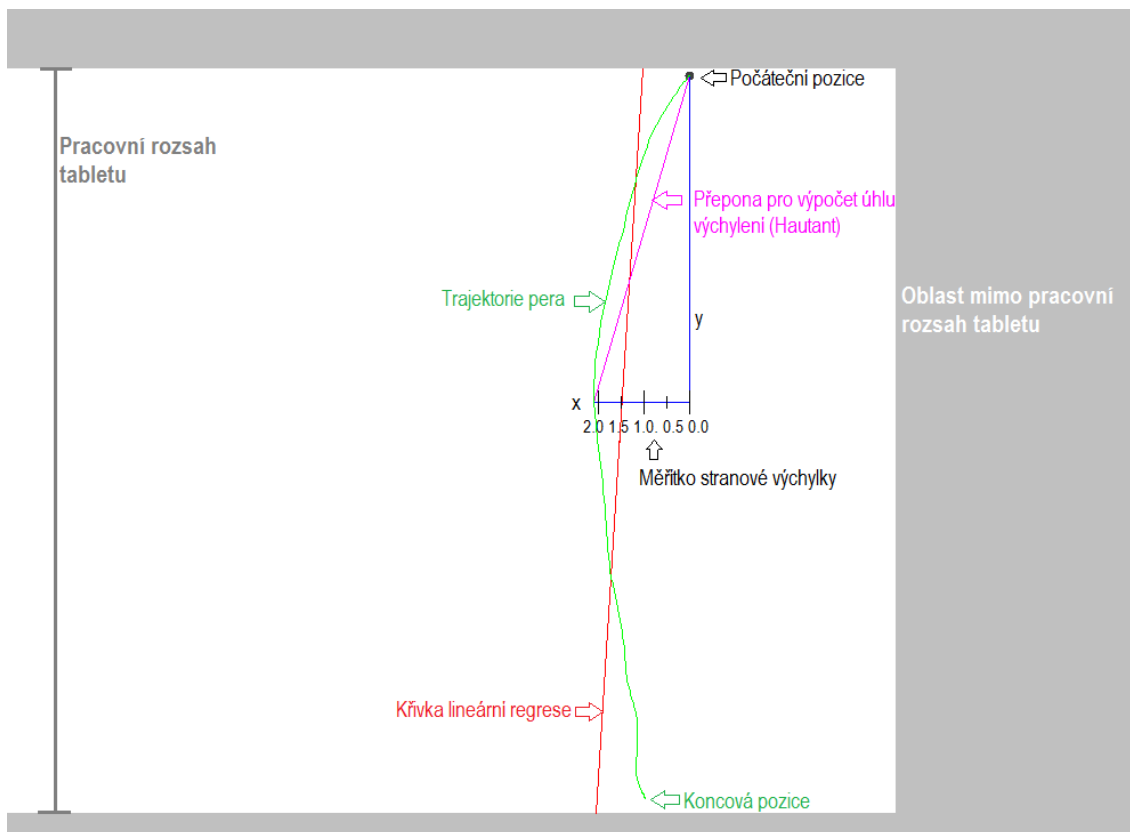


Obrázek 2.4: Měřicí soustava a počáteční pozice pacienta – předpažené ruce ve stejné výšce, zavřené oči. Pero se nedotýká tabletu a výška soustavy umožňuje dostatečný pohyb do všech stran.

Všechna měření se prováděla na postižené i na zdravé ruce a to vždy alespoň pětkrát. V některých případech bylo nutné měření přerušit a opakovat právě pro přílišné oddálení stylusu od tabletu, nebo pro nečekaný charakter poklesu a opuštění měřicího rozsahu. Každé měření trvalo 20 sekund.

2.5 Analýza dat

Výstupem všech měření poklesů paže byl vždy graf se znázorněnou křivkou, kterou opisoval stylus. Tato základní křivka je ale aplikací rozšířena o zakreslenou osu x a y a pak také o křivku zobrazující změřený pokles, který je zaznamenán vpravo od grafu (k vidění na Obr. 2.5). Tento pokles nicméně vždy neurčuje přímo maximální hodnotu poklesu paže – nejnižší zaznamenanou hodnotu, ale vzhledem k metodice Hautantova testu je měřen vždy pokles odpovídající hodnotě největší stranové výchylky. Z tohoto důvodu je v některých naměřených grafech (dostupné v příloze na CD) maximální pokles rovnou automaticky určen, ale častěji tato hodnota neodpovídá nejnižší zaznamenané. Kvůli tomuto problému bylo nezbytné všechny výstupní grafy ručně přeměřit a maximální pokles určit zpětně až po zpracování grafů.



Obrázek 2.5: Výstupní graf měření. Černý bod je symbolem počáteční pozice, zelená křivka znázorňuje trajektorii opsanou perem. Modře jsou vyznačeny osy s měřítky, osa x značí horizontální výchylku, osa y vertikální. Fialová křivka sleduje přeponu. Červená křivka je přímka lineární regrese. Informace o rozměrech jsou součástí výstupu zobrazeného v aplikaci vpravo od grafu (Obr. 2.6).

Daty je proložena přímka a od ní je odvozena výška, šířka, délka a sklon nasnímaných dat.

Výchylka doleva:

Úhel: 1,673°
Délka přepony: 7,233 cm
Výška: 6,947 cm
Šířka: 2,015 cm

Výchylka doprava:

Úhel: 0°
Délka přepony: 0 cm
Výška: 0 cm
Šířka: 0 cm

Horizontální výchylka:

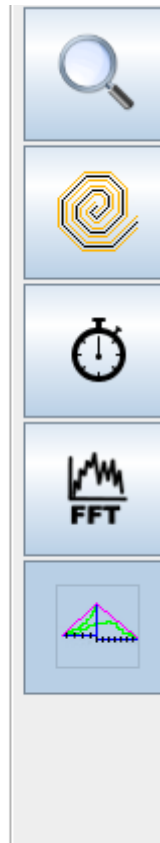
-100 % (vlevo)

Vertikální výchylka:

-100 % (dolu)

Rovnice přímky lineární regrese:

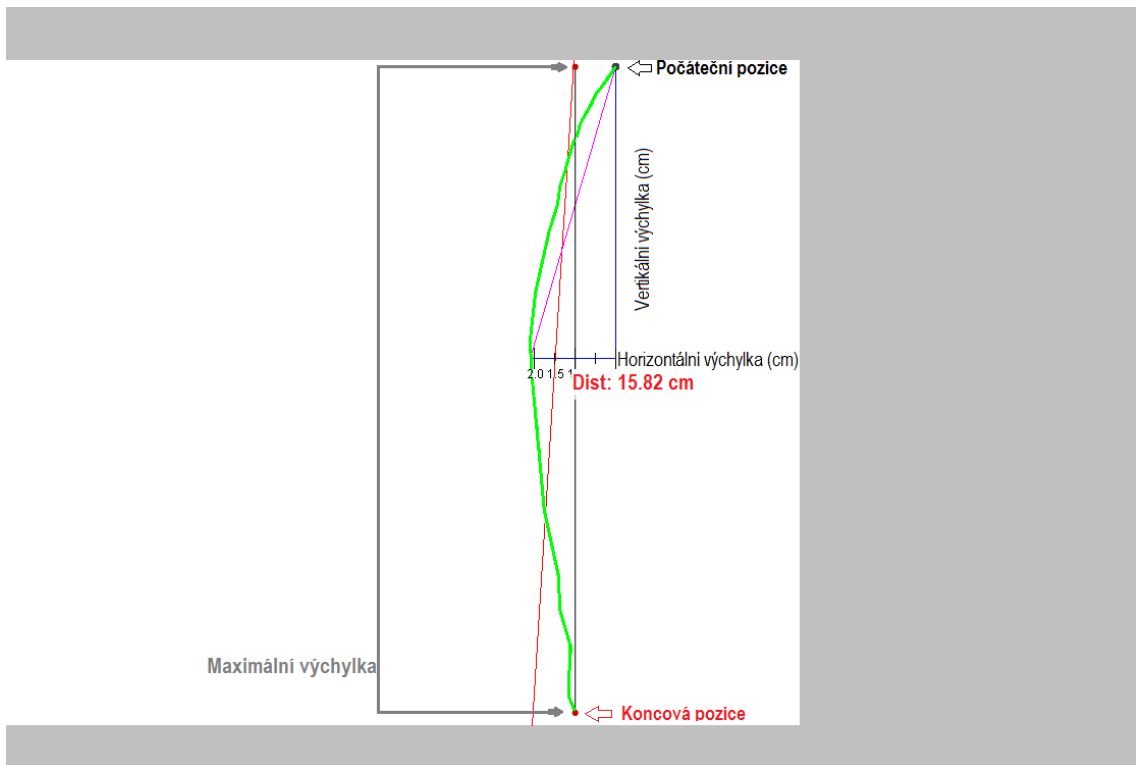
$y = 15,676 x + -649144,727$



Obrázek 2.6: Výstupní panel s informacemi o měření, který se zobrazuje vpravo od vykresleného grafu. Obrázky vpravo symbolizují různé možnosti zobrazení grafu.

Všechny grafy byly z aplikace vyjmuty a připraveny pro analýzu. Šedivé pásy na některých grafech znázorňují přítomnost hranice pracovního rozsahu tabletu, jsou to tedy místa, kde tablet přestává snímat.

Analýzu poklesů jsem provedla zpětně pomocí aplikace Web Plot Digitizer [21], která umožňuje extrahovat data ze snímků grafů. Díky znalosti měřítka a také údajů o velikosti poklesu (i když ne vždy maximálního) jsem mohla nastavit v aplikaci známé vzdálenosti. Na základě těchto vzdáleností byla poté po označení grafu markery na místech počáteční pozice a maximální plusové a minusové výchylky. Vzdálenost mezi markery je udána v centimetrech a označena černou úsečkou (Obr. 2.7)



Obrázek 2.7: Změřená vzdálenost maximálního poklesu pomocí aplikace Web Plot Digitizer. Zeleně je znázorněná trajektorie poklesu (ostatní křivky popsány na Obr. 2.6). Vzdálenost počáteční a koncové pozice je maximální výchylka změřená v centimetrech a označena jako „Dist“.

Způsobem uvedeným výše jsem zpracovala více než 530 grafů poklesů. V případě měření na pacientech jsem vyšetřila pokles zdravé i postižené končetiny. Naměřené výchylky jsem zaznamenala do tabulky *Tabulka hodnot.xlsx* (v příloze na CD).

Abych mohla porovnávat hodnoty poklesu paže změřené tabletem a určené lékařem (a zjistit tak, jak moc je lékařův odhad přesný), byl nezbytným krokem výpočet celkové výchylky paže zdravé a postižené parézou. U zdravé končetiny se velmi často projevuje pozitivní výchylka směrem nahoru. Díky výpočtu celkové výchylky *Dist* (2.1) jsem získala informace o poklesu tak, jak ho vnímal lékař.

$$Dist = \overline{Dist_{paréza}} - \overline{Dist_{zdravá}} \quad (2.1)$$

$$\overline{Dist_{paréza}} = \frac{\sum Dist_{paréza}}{5} \quad (2.2)$$

Celková výchylka *Dist* v centimetrech byla vypočtena jako rozdíl průměrů výchylek u paretické končetiny a průměrů výchylek u zdravé. Dílčí výpočet průměru je uveden jako rovnice (2.2).

2.6 Statistické vyhodnocení dat

Pro statistické vyhodnocení naměřených dat byly použity metody korelační analýzy, dále Bland-Altmanovy diagramy, regresní analýza a hodnocení reziduí.

Korelace

Termín korelace označuje vzájemný lineární vztah mezi znaky či veličinami x a y . Míru korelace určuje korelační koeficient, který nabývá hodnot od -1 do 1.

Pokud přibližně platí vztah

$$y = k \cdot x \quad (2.3)$$

je korelační koeficient rovní, nebo velmi blízký +1 a mezi veličinami je přímá závislost.

Pokud sledujeme vztah

$$y = -k \cdot x \quad (2.4)$$

pak je korelační koeficient blízký, nebo rovní -1 a sledujeme nepřímou závislost.

Korelační koeficient rovní 0 ukazuje na žádnou statisticky zjistitelnou lineární závislost. Toto nicméně nevylučuje, že mezi daty nemůže být závislost jiného typu (například kvadratická).

Vztah pro výpočet korelačního koeficientu

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y}, \quad (2.5)$$

kde s_x je směrodatná odchylka proměnné x , s_y je směrodatná odchylka proměnné y a s_{xy} kovariance proměnných x a y (výpočet níže dle vztahu 2.6).

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x} \cdot (y_i - \bar{y})) \quad (2.6)$$

Výpočet korelačního koeficientu je ideální kombinovat s analýzou jiného typu (například Bland-Altmanovou), protože neodhaluje přítomnost konstantních chyb a sám o sobě nám o vztahu dvou veličin nic bližšího, než míru lineární závislosti, nepopíše. [22]

Pro účely zjištění přítomnosti korelace mezi jednotlivými metodami klasického testování a kvantitativně změřeným poklesem paže bylo nutné upravit získaná data. Aby bylo možné porovnat data napříč probandy, bylo nezbytné se zbavit závislosti na délce paže pacienta. Za tímto účelem jsem všechny naměřené hodnoty poklesu převedla na úhlovou výchylku. Délky paže od akromia po špičku pera umístěného na prstu, respektive po špičku ukazováku (měření lékařem) byly naměřeny před začátkem každého vyšetření.

Úhlová výchylka byla přepočtena pomocí funkce arkus tanges (\arctg).

$$\theta = \arctg\left(\frac{Dist}{L}\right) \quad (2.7)$$

Parametr L označuje délku paže od akromia po špičku stylusu. Vztah (2.7) byl použit pro přepočet poklesů naměřených prostřednictvím tabletu. Pro poklesy stanovené lékařem byl použit parametr $L2$

Bland-Altmanova analýza

Bland-Altmanův graf zobrazuje data jako grafickou závislost rozdílů výsledků dvou měřicích metod pro jeden vzorek na průměru výsledků obou postupů. Graf umožňuje jednoduše vyhodnotit, zda existuje systematická odchylka jedné metody vůči druhé. [23]

$$OsaX = \frac{A + B}{2} \quad (2.8)$$

$$OsaY = A - B \quad (2.9)$$

V grafu je na vodorovné ose zanesen průměr párů měření dvěma různými metodami (2.8), na svislé ose je rozdíl těchto párů hodnot (2.9). Body grafu by měly ideálně oscilovat kolem přímky procházející nulou (nulové rozdíly měření). Data budou pravděpodobně oscilovat spíše kolem přímky zobrazující průměrný rozdíl měření. V grafu by měly být zaneseny také limity shody. Limity shody jsou vodorovné přímky značící průměrný rozdíl zvětšený, respektive zmenšený o 1,96 násobek směrodatné odchylky rozdílů.

Vzorec pro výpočet směrodatné odchylky:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2.10)$$

Vzorec pro výpočet limitů shody:

$$LS = \frac{\sum A-B}{n} \pm 1,96 \cdot \sigma \quad (2.11)$$

Na grafu si všímáme především toho, zda jsou rozdíly symetricky rozděleny, či zda je v nich nějaký trend. [24]

Regresní analýza

Metody regresní analýzy je vhodné využít v případě, kdy zkoumáme závislost určité kvantitativní proměnné na jedné nebo více jiných kvantitativních proměnných. Cílem regresní analýzy je popsat závislost veličin pomocí vhodného matematického modelu.

Regresní tvar má typický následující model:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x + E \quad (2.12)$$

Kde y je závislá proměnná a x nezávislá. b_0 je parametr určující polohu přímky a b_1 určuje její směrnici. E reprezentuje náhodnou chybu modelu.

Parametry b_0 a b_1 byly určeny metodou nejmenších čtverců. Tato metoda přímku určí tak, aby součet druhých mocnin z rozdílu odhadu a skutečně naměřené hodnoty byl co nejmenší.

Další parametr popisující model – závislost sledovaných veličin je koeficient determinace R^2 . Koeficient determinace popisuje, jaký podíl celkové variability v závisle proměnné se nám podařilo popsat vytvořeným modelem. R^2 vlastně vyjadřuje shodu modelu s daty a čím je bližší 1, tím lepší model se podařilo vytvořit. [25]

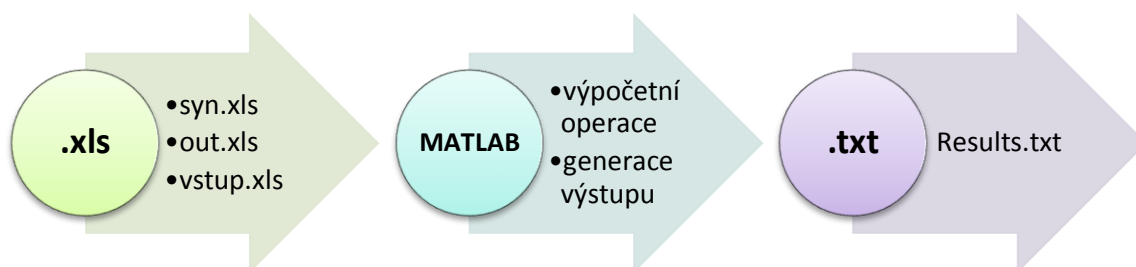
Analýza reziduální složky modelu

Jedná se o metodu verifikace modelu a součást regresní analýzy. Reziduum je rozdíl naměřené hodnoty a hodnoty předpokládané. V ideálním případě by porovnání reziduí v závislosti na předpovězených hodnotách nemělo ukázat žádné systematické závislosti. Rezidua modelu by měla být přibližně konstantně rozptýlena kolem jeho střední hodnoty. Problémem vyhodnocení reziduální složky je, že je velmi jednoduše zkruseno malým počtem pozorování. [26]

2.7 Automatické určení syndromu

Jako zdroj pro analýzu symptomů a syndromů posloužil soubor *database.xls*, který je dostupný v příloze na CD. Data poskytl as. MUDr. Rufolf Černý, CSc. z neurologické kliniky FN Motol a obsahují slovní popis symptomatiky syndromů v různém rozsahu. Z daného popisu jsem definovala řadu symptomů náležejících syndromům, a to v co nejstručnější formě a s důrazem na to, aby bylo možné nalézt dané symptomy u více syndromů a vyhledávání pomocí databáze tak mělo smysl (*syndrom_seznam.docx*). Protože nejsem kvalifikována pro posouzení závažnosti symptomů a ani nejsem schopna je správně lékařsky pojmenovat, byla nutná následná konzultace s odborníkem. Vytvořený seznam byl osobně konzultován s neurologem a byl z něj zpracován výčet nejpodstatnějších syndromů a jejich symptomů, tento výsledný soubor je v příloze na CD v adresáři „Automatické určení syndromu“ pod názvem *syn.xls*.

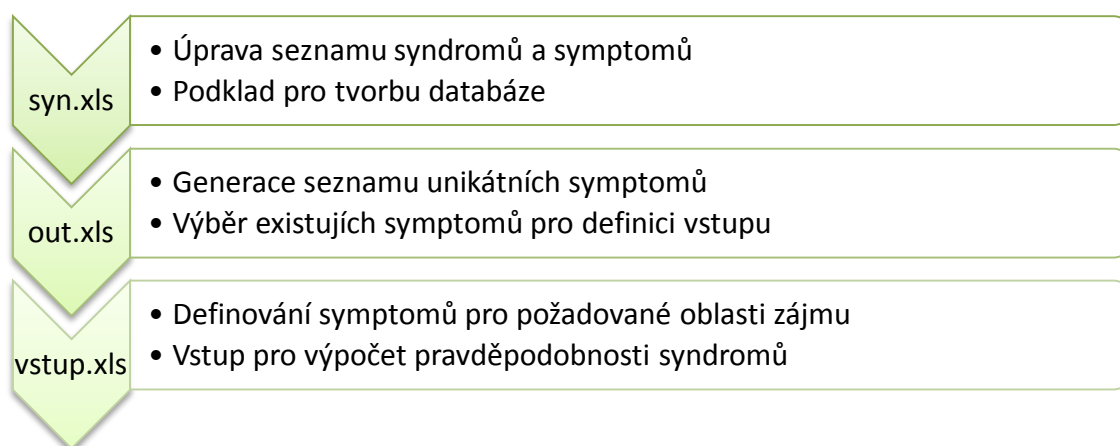
Aplikace byla navržena v programu MATLAB (verze R2014a) a pracuje s excelovskými tabulkami a textovým souborem (Obr. 2.8).



Obrázek 2.8: Schéma použitých prvků pro navrženou aplikaci automatického určení syndromu.

Vstupní prvek, který je použit pro vytvoření databáze, je soubor *syn.xls*. Požadavkem ze strany lékařů byla možnost snadného přidávání dalších syndromů a symptomů do databáze, tato modifikace je možná úpravou souboru *syn.xls*. Samotného uživatele zajímají tabulky *out.xls* a *vstup.xls*.

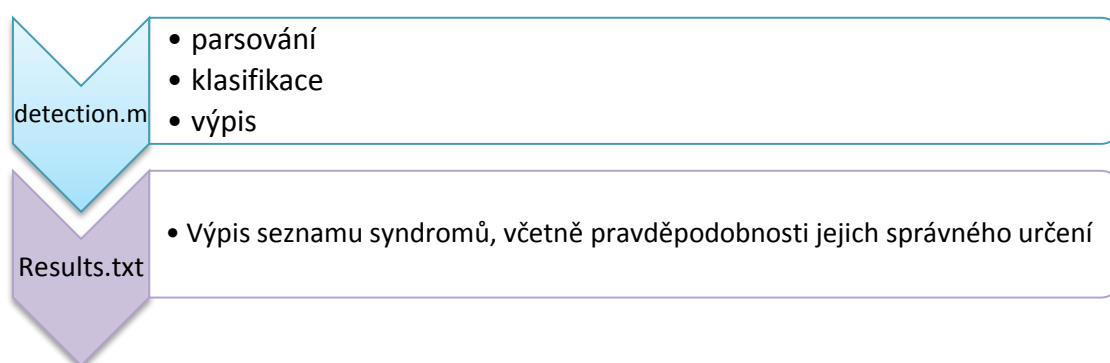
Po zpracování seznamu syndromů se generuje tabulka *out.xls*. Tato tabulka slouží jako vodítko – legenda pro správné vyplnění symptomů v souboru *vstup.xls*. Obě tabulky mají v prvním řádku výčet oblastí testovaných lékařem. Výčet dodržuje postup, dle kterého se standardně testy v ordinaci provádí. Jsou zahrnuty testy od oblastí mozkových nervů, přes horní a dolní končetiny, až po oblasti související s páteří. Pro jednotlivé testované segmenty je v tabulce *out.xls* vytvořen seznam symptomů, které se pro tuto oblast v databázi vyskytují (Obr. 2.9).



Obrázek 2.9: Vývojové schéma návaznosti jednotlivých excelovských souborů, které jsou součástí aplikace.

Po vypsání libovolného počtu (> 0) symptomů do tabulky *vstup.xls* a jejím uložení se analýza syndromu spustí použitím skriptu *detection.m*. Výsledkem analýzy je textový soubor *Results.txt*, do kterého je vypsán seznam syndromů odpovídajících zadaným symptomům a s jakou pravděpodobností se jedná právě o tyto syndromy (Obr. 2.10). V případě zadání příliš obecných symptomů se vypíše více syndromů, které jim odpovídají se 100% pravděpodobností. Seznam je nicméně vždy doplněn i o ostatní nezadané symptomy náležející danému syndromu a napovídá tak výsledné diagnóze. Ve skriptu je pevně určená hranice pro výpis syndromů pouze s pravděpodobností vyšší než 50%.

Skript *detection.m* je rozdělen na tři hlavní části a samotné hodnocení syndromů je postaveno na výpočtu průniku a rozdílu množin.



Obrázek 2.10: Schéma procesu zpracování vstupních dat a generace výstupních.

Ukázka ze skriptu *detection.m*

```

%% klasifikace - bodovani mnozin

body=[ [1:size(data,2)]' [1:size(data,2)]' ]; %obodovani symptomu
                                             + index

for i=1:size(data,2) %ohodnoceni syndromu,
                    pruniky a rozdily
                    mnozin
    plusove=size(intersect(data(:,i),vstup),1);
    minusove=size(setdiff(vstup,data(:,i)),1);

    body(i,1)=plusove-minusove;
end

body=sortrows(body); %setrizeni syndromu dle
                    bodu

minBody=min(body(:,1));
maxBody=max(body(:,1));

```

Ukázka struktury výpisu výsledků v *Results.txt*:

Syndrom: *jméno*

Relativní jistota detekce: *50-100*

Urcené symptomy:

Výpis symptomů zadáných v souboru vstup.xls

Dalsí symptomy:

Výpis neurčených symptomů odpovídajících syndromu

Chybně urcené symptomy:

Výpis chybných symptomů

3 Výsledky

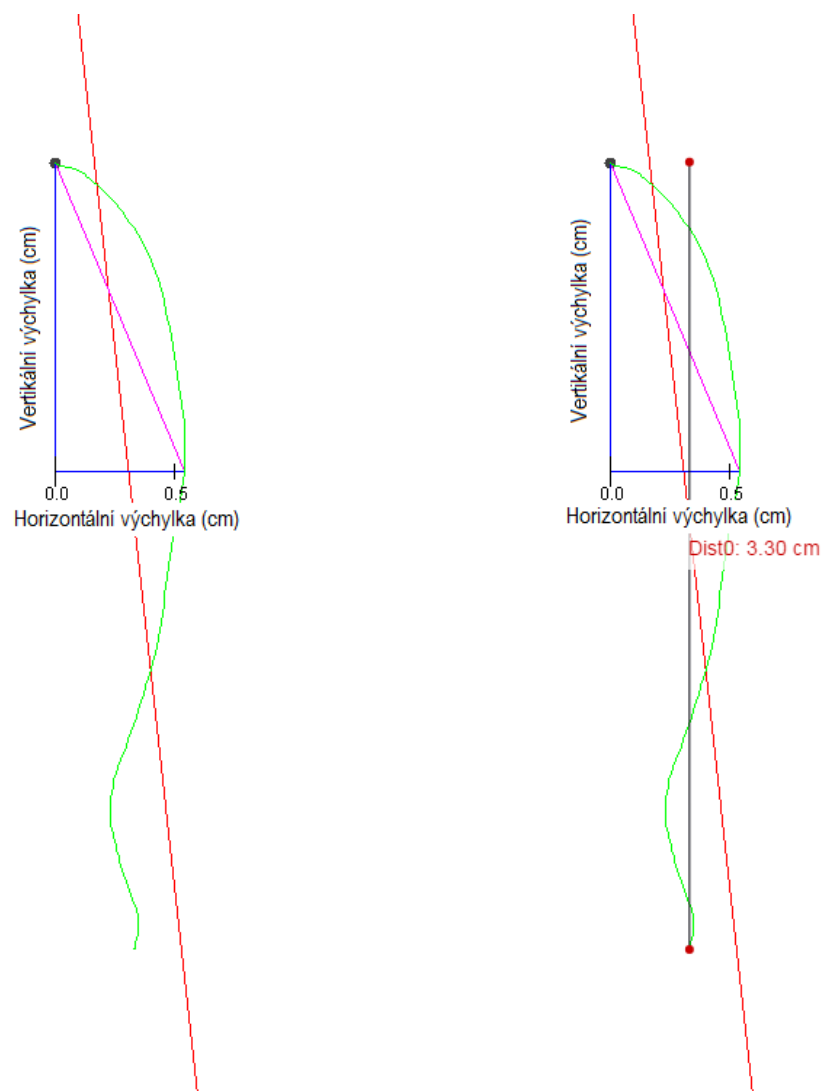
3.1 Validita klinického hodnocení klasických testů

Validita klinického hodnocení bude určena na základě výsledků statistických testů.

3.1.1 Testovací data

Naměřená data

Bylo naměřeno celkem 64 různých poklesů v rozsahu 0-16 cm. Každý pokles byl změřen 6krát, pro zajištění přesnosti a ověření metodiky. Na Obr. 3.1 je příklad jednoho z výsledných grafů a znázornění změřeného poklesu černou úsečkou (pokles v rozsahu 2-4 cm). Ostatní grafy jsou součástí přílohy na přiloženém CD.



Obrázek 3.1: Grafický výstup z aplikace Parkinson Disease Database. A. Graf vlevo – simulovaný pokles paže (zelená trajektorie). B. Graf vpravo – výsledek po zpracování grafu v programu Web Plot Digitizer. Dle měřítka na ose x byl spočten celkový pokles paže jako vzdálenost počátečního a koncového bodu. Celkový pokles pro tento případ činil 3,30 cm a je roven délce černé úsečky se začátkem a koncem vyznačenými červenými body.

Poklesy určené lékařem a poklesy změřené tabletem jsou uvedeny v tabulce *Změřené hodnoty.xlsx* a součástí přílohy na CD. Hodnot z tabletu je použito 5, protože jedno z celkových 6 měření bylo vždy vyřazeno.

Z důvodu přílišného množství dat v tabulce uvádím pouze pro ilustraci o rozložení hodnot snímek části tabulky s prvními 20 naměřenými daty. Při analýze závislosti metod pracuji s daty ve sloupci „Mingazzini“ a „Průměr tablet“.

Č.M.	Mingazzini	Tablet 1	Tablet 2	Tablet 3	Tablet 4	Tablet 5	Průměr Tablet
1	-2	-0,63	-0,61	-0,64	-0,60	-0,61	-0,6
2	-15	-10,36	-10,43	-10,40	-10,40	-10,40	-10,4
3	-20	-15,04	-15,04	-15,03	-15,39	-15,15	-15,1
4	-7	-8,60	-8,66	-8,62	-8,63	-8,64	-8,6
5	-5	-5,34	-5,35	-5,38	-5,39	-5,38	-5,4
6	-18	-13,24	-12,76	-12,76	-13,29	-13,29	-13,1
7	-4	-2,83	-2,83	-2,82	-2,87	-2,83	-2,8
8	-5	-5,79	-5,77	-5,79	-5,79	-5,78	-5,8
9	-2	-1,20	-1,18	-1,20	-1,20	-1,21	-1,2
10	-18	-14,08	-13,52	-14,04	-14,00	-14,07	-13,9
11	-4	-2,29	-2,28	-2,28	-2,28	-2,28	-2,3
12	-11	-8,20	-8,20	-8,18	-8,20	-8,16	-8,2
13	-15	-12,58	-12,24	-12,20	-12,22	-12,20	-12,3
14	-7	-5,36	-5,31	-5,35	-5,34	-5,34	-5,3
15	0	-0,86	-0,87	-0,91	-0,89	-0,90	-0,9
16	-3	-3,34	-3,33	-3,31	-3,06	-3,30	-3,3
17	-23	-13,88	-13,89	-13,90	-13,84	-13,85	-13,9
18	-8	-6,58	-6,59	-6,57	-6,58	-6,60	-6,6
19	-3	-2,50	-2,50	-2,51	-2,49	-2,50	-2,5
20	-15	-8,64	-8,69	-8,67	-8,67	-8,67	-8,7

Obrázek 3.2: Část tabulky obsahující testovací data. 1. sloupec označuje číslo měření, 2. sloupec poklesy paže v centimetrech uvedené lékařem. Ve 3.-5. sloupci jsou vyplněny poklesy paže, které byly změřeny pomocí tabletu. Poslední sloupec ukazuje hodnoty průměrného poklesu paže změřeného tabletem (průměr 5 měření v předchozích řádcích).

Statistické zpracování

1) Výpočet korelačního koeficientu

Hodnoty poklesů paží byly přeočteny na úhlovou výchylku v radiánech (Obr. 3.3).

Mingazzini	Tablet 1	Tablet 2	Tablet 3	Tablet 4	Tablet 5	Průměr Tablet
-0,030	-0,009	-0,009	-0,010	-0,009	-0,009	-0,009
-0,220	-0,153	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154
-0,290	-0,221	-0,221	-0,221	-0,226	-0,222	-0,222
-0,104	-0,128	-0,129	-0,128	-0,128	-0,128	-0,128
-0,074	-0,080	-0,080	-0,080	-0,080	-0,080	-0,080
-0,262	-0,195	-0,188	-0,188	-0,196	-0,196	-0,193
-0,060	-0,042	-0,042	-0,042	-0,043	-0,042	-0,042
-0,074	-0,086	-0,086	-0,086	-0,086	-0,086	-0,086
-0,030	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018	-0,018
-0,262	-0,207	-0,199	-0,207	-0,206	-0,207	-0,205
-0,060	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034
-0,163	-0,122	-0,122	-0,121	-0,122	-0,121	-0,122
-0,220	-0,186	-0,181	-0,180	-0,180	-0,180	-0,181
-0,104	-0,080	-0,079	-0,080	-0,080	-0,080	-0,080
0,000	-0,013	-0,013	-0,014	-0,013	-0,013	-0,013
-0,045	-0,050	-0,050	-0,049	-0,046	-0,049	-0,049
-0,331	-0,204	-0,204	-0,205	-0,204	-0,204	-0,204
-0,119	-0,098	-0,098	-0,098	-0,098	-0,098	-0,098
-0,045	-0,037	-0,037	-0,037	-0,037	-0,037	-0,037
-0,220	-0,128	-0,129	-0,129	-0,129	-0,129	-0,129

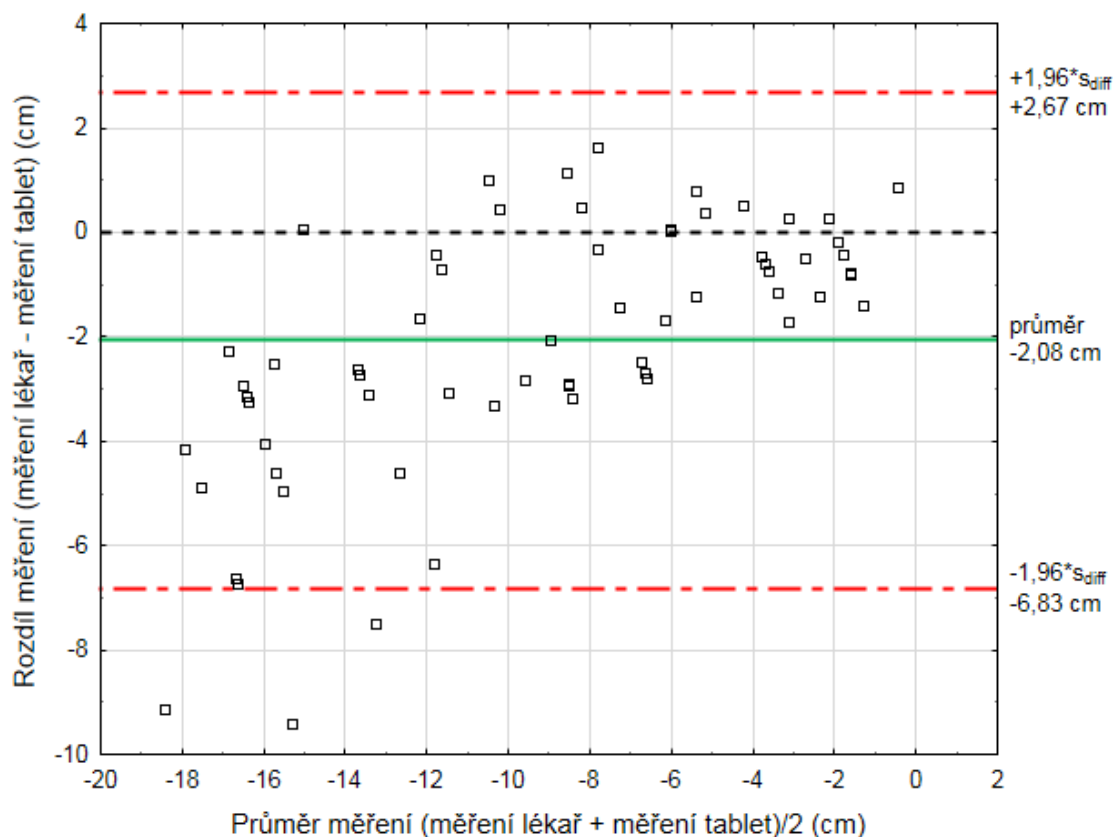
Obrázek 3.3: Ilustrační snímek tabulky naměřených poklesů paže (analogicky k Obr. 3.2) přeočtených na radiány pomocí funkce arkus tangens.

Hodnota korelačního koeficientu pro poklesy změřené lékařem a poklesy změřené tabletem:

$$r = 0,943$$

2) Testování, zda se metody shodují v celém rozsahu měření

Kvůli snaze detekovat systematickou chybu byla zpracována Bland-Altmanova analýza nejprve ze všech testovacích dat (Obr. 3.4).



Obrázek 3.4: Bland-Altmanova analýza vytvořená s použitím všech testovacích dat. Na ose x je zanesen průměr hodnot poklesu určených lékařem a změřených tabletem. Na ose y jsou zaneseny rozdíly měření provedeného lékařem a tabletem, tyto rozdíly by měly být ideálně kolem 0 (přerušovaná černá čára). Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí na přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Zelená úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (-2,08 cm). Červené čerchované čáry značí limity shody.

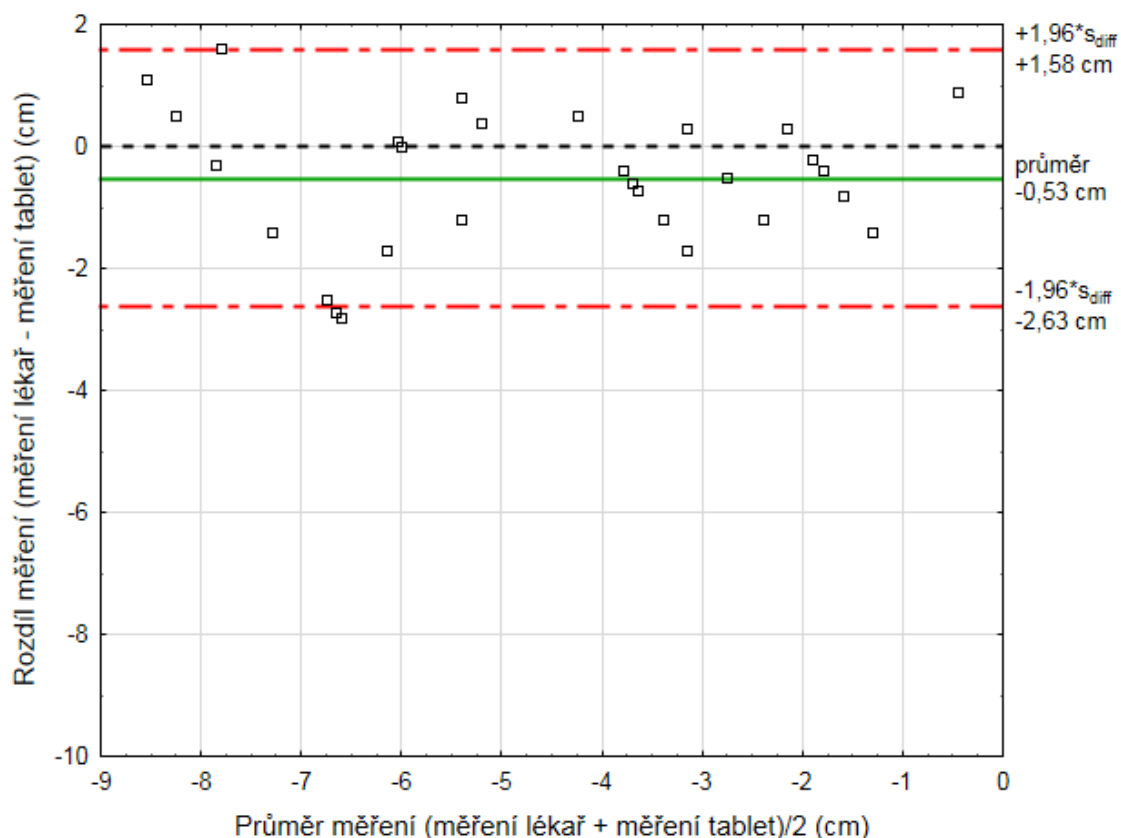
Přítomnost výrazných chyb se objevuje především u poklesů větších než -10 cm.

V pravé polovině grafu (Obr.3.4) přibližně do průměrného poklesu -10 cm se spolu metody víceméně shodují a body oscilují kolem 0 (nulového průměrného rozdílu).

Data výrazně oscilují kolem hodnoty průměrného rozdílu měření.

V levé polovině grafu je patrná prudká klesající tendence.

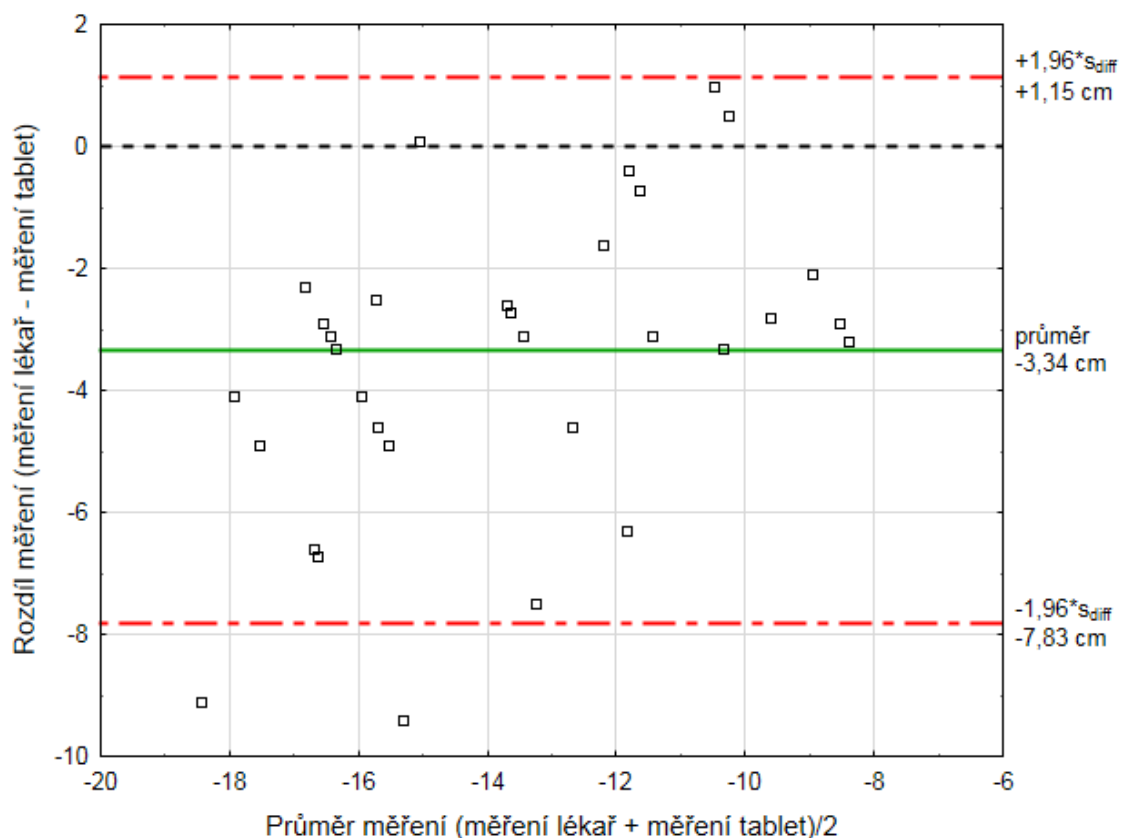
Většina bodů sice leží mezi limity shody, nicméně jejich rozsah je pro klinickou praxi velmi široký.



Obrázek 3.5: Bland-Altmanova analýza pro sledování shody metod při poklesech v intervalu 0-10 cm. Na ose x je zanesen průměr hodnot poklesu určených lékařem a změřených tabletem. Na ose y jsou zaneseny rozdíly měření provedeného lékařem a tabletem, tyto rozdíly by měly být ideálně kolem 0 (přerušovaná černá čára). Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí na přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Zelená úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (-0,53 cm). Červené čerchované čáry značí limity shody.

Průměrná hodnota rozdílů měření rozdělením dat na dvě skupiny klesla na z -2,08 cm na -0,53 cm (Obr. 3.5).

Všechny body oscilují v těsné blízkosti průměrné hodnoty a velikost intervalu limitů shody je pro klinické hodnocení poklesu paže dostačující.

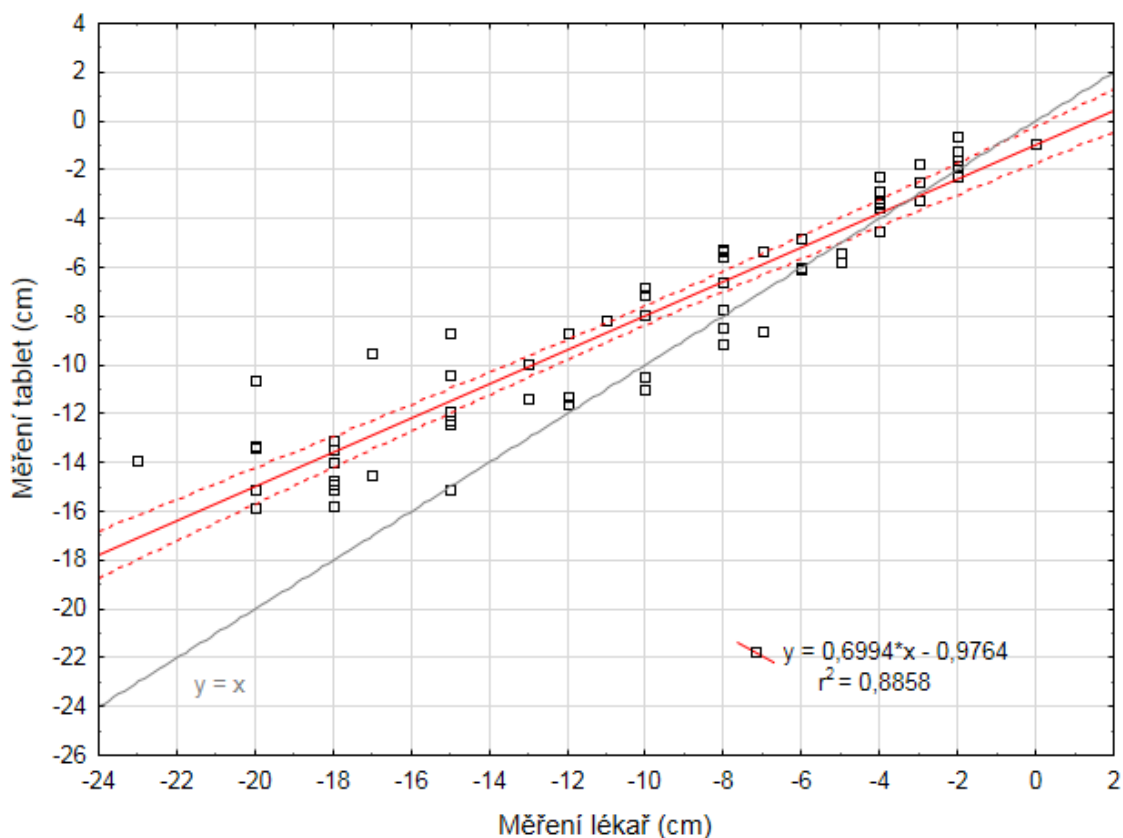


Obrázek 3.6: Bland-Altmanova analýza pro sledování shody metod při poklesech v intervalu 10-16 cm. Na ose x je zanesen průměr hodnot poklesu určených lékařem a změřených tabletem. Na ose y jsou zaneseny rozdíly měření provedeného lékařem a tabletem, tyto rozdíly by měly být ideálně kolem 0 (přerušovaná černá čára). Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí na přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Zelená úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (-3,34 cm). Červené čerchované čáry značí limity shody.

Hodnoty rozdílů na Obr. 3.6 neoscilují kolem 0.

Průměrná hodnota rozdílů je -3,34 cm, což je pokud připočteme ještě limity shody už výrazný rozdíl mezi metodami.

3) Lze vytvořit model pro eliminaci systematické chyby?



Obrázek 3.7: Tvorba modelu pro eliminaci systematické chyby. Křivka lineární regrese prokládající body vzniklé porovnáním měření poklesů lékařem a tabletem. Poklesy naměřeny po celém rozsahu 0-16 cm. Přímka $y = x$ je v grafu znázorněna pro srovnání odklonu zjištěného modelu od ideálního stavu.

Z grafu 3.7 je patrné jak se při zvětšujícím se poklesu rozšiřuje rozptyl hodnot od přímky a jak výrazně se při těžších poklesech lékař liší od skutečné hodnoty.

Vytvořený model:

$$y = 0,6994 \cdot x - 0,9764 \quad (3.1)$$

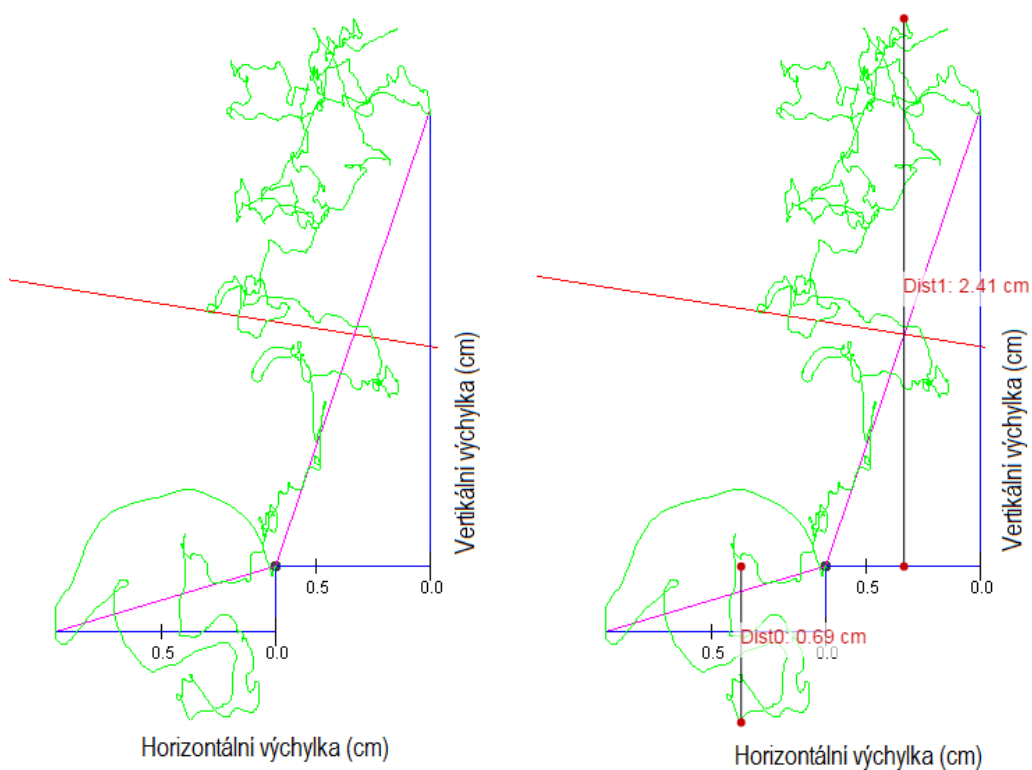
Koeficient determinace:

$$R^2 = 0,8858$$

3.1.2 Studovaná skupina

Naměřená data

Poklesy sledované u pacientů byly vždy změřeny na zdravé i paretické končetině. Elevace zdravé končetiny v průběhu měření je lékařem těžko pozorovatelná a zanáší do odhadu chybu. Na Obr 3.8 je graf získaný měřením na zdravé končetině a sledujeme rozkmit a zároveň tendenci k elevaci. Na Obr. 3.9 je měřen tentýž pacient, ale pro paretickou končetinu.

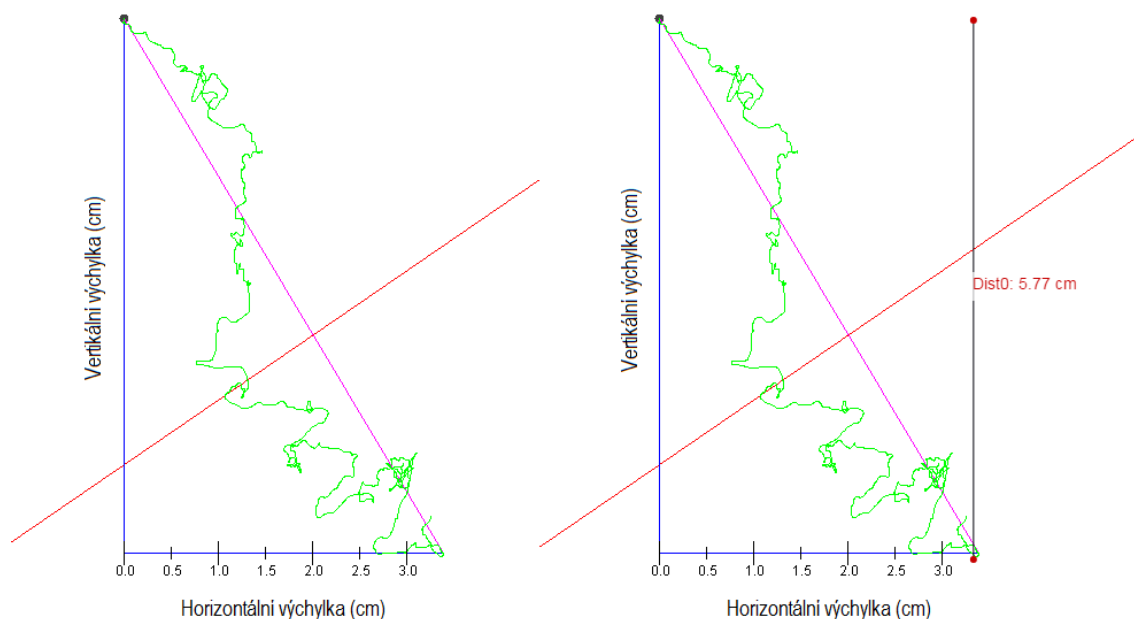


Obrázek 3.8: Graf získaný pomocí aplikace Parkinson Disease Database pro zdravou končetinu. Zelená křivka sleduje trajektorii opisovanou perem na tabletu. Graf vlevo je výstupem z databáze. Graf vpravo je po změření kladné a záporné vertikální výchylky od počáteční pozice. Výchylky jsou znázorněny svislými černými úsečkami s krajními červenými body, jejich hodnota je vypsána červeně jako Dist0/1: X cm.

Hodnoty změřených výchylek pro případ na Obr. 3.8:

Vertikální výchylka kladná: +2,41 cm

Vertikální výchylka záporná: -0,69 cm



Obrázek 3.9: Graf získaný pomocí aplikace Parkinson Disease Database pro paretickou končetinu. Zelená křivka sleduje trajektorii opisovanou perem na tabletu. Graf vlevo je výstupem z databáze. V grafu vpravo je černou úsečkou s hraničními červenými body označena vzdálenost počátečního bodu a maximálního poklesu. Velikost výchylky je vypsána červeně jako Dist0/1: X cm.

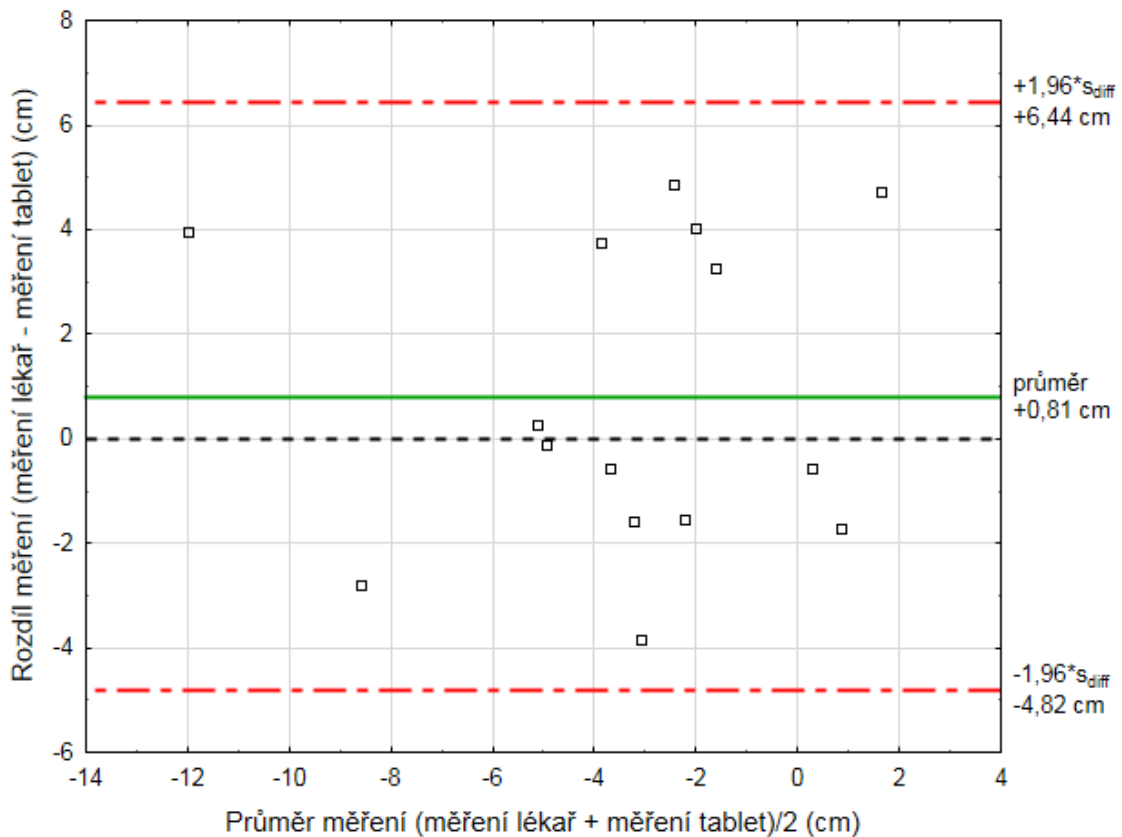
Pokles paretické končetiny dle grafu na Obr 3.9 je -5,77 cm.

Statistické zpracování

Data nesoucí informaci o poklesu paže, respektive ruky byla přes funkci arkus tangens přeočtena na úhlové výchylky v radiánech. Korelační koeficienty jsou spočítány jako závislost výchylky zjištěné měřením na tabletu vůči jednotlivým testům.

Tabulka 3.1: Korelační koeficienty vypočítané pro jednotlivé testy na parézu horní končetiny vůči kvantitativně měřenému poklesu paže.

	Mingazzini	Hanzal	Dufour	Barré	Retardace
Korelační koeficient	0,705	0,011	-0,061	0,320	-0,488



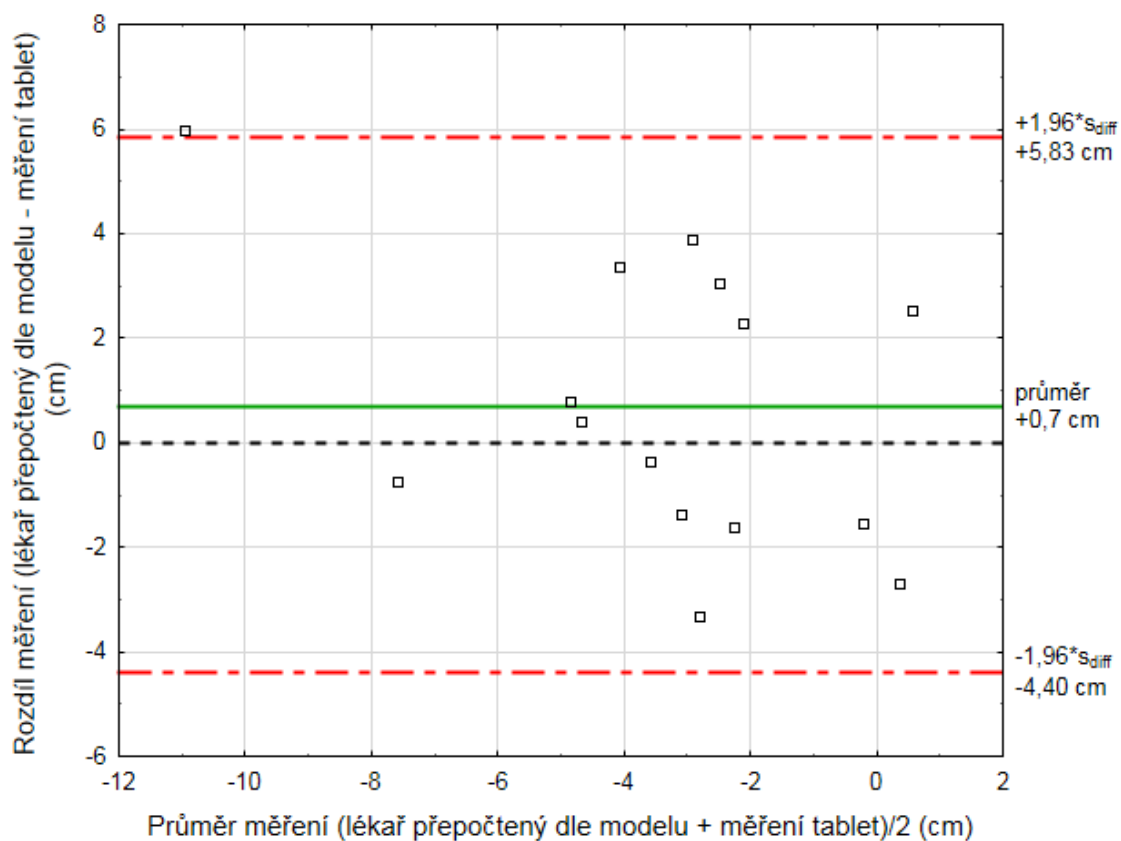
Obrázek 3.10: *Bland-Altmanova analýza patientských dat. Na ose x je zanesen průměr hodnot poklesu určených lékařem a změřených tabletem. Na ose y jsou zaneseny rozdíly měření provedeného lékařem a tabletem, tyto rozdíly by měly být ideálně kolem 0 (přerušovaná černá čára). Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí na přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Zelená úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (+0,81 cm). Červené čerchované čáry značí limity shody.*

Průměrná hodnota rozdílu je velmi blízká nule, hodnoty jsou kolem průměru široce rozptýleny.

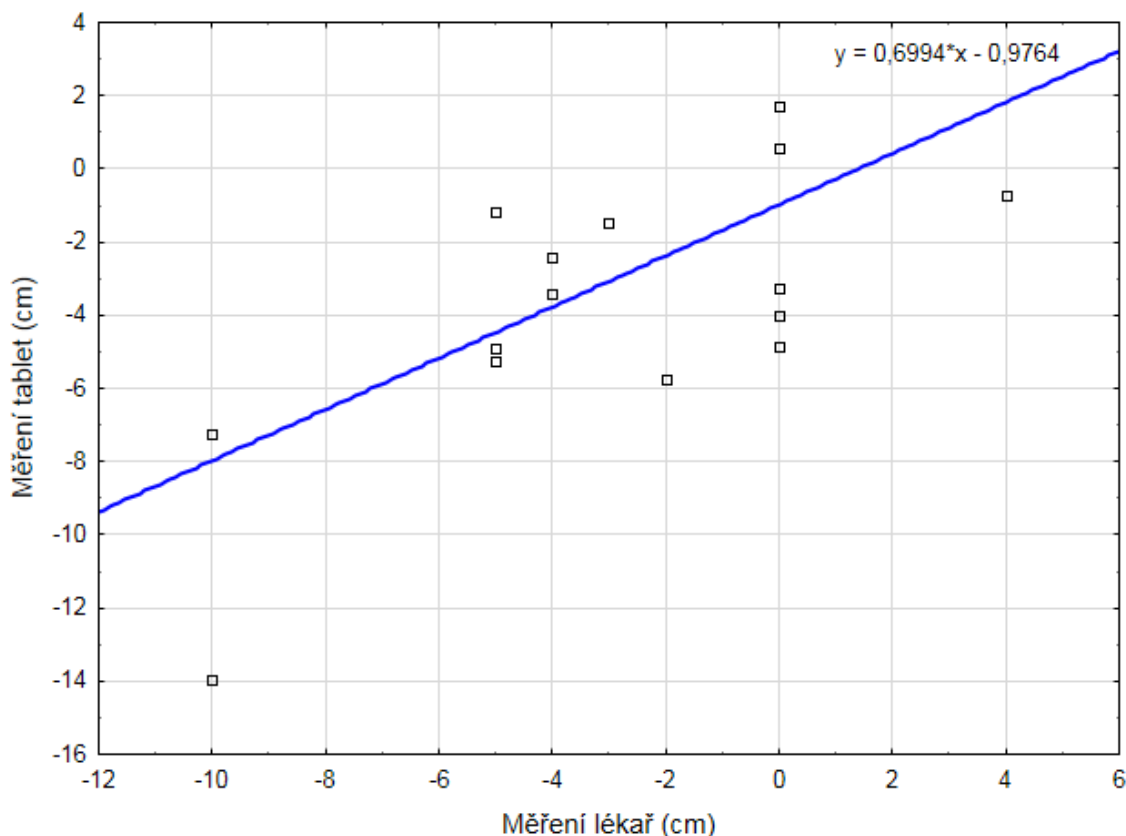
Na hodnoty poklesů paže stanovené lékařem jsem za účelem eliminace chyb měření aplikovala model (3.1) vytvořený z testovacích dat a zmíněný u Obr. 3.7, výsledky jsou uvedeny v Tab. 3.2.

Tabulka 3.2: *Tabulka patientských dat. První sloupec byl určen lékařem, druhý sloupec změřením maximální výchylky paží při měření na tabletu. Třetí sloupec představuje poklesy vzniklé přepočítáním údajů z prvního sloupce pomocí modelu vytvořeného na testovacích datech.*

Měření lékař (cm)	Měření tablet (cm)	Aplikace modelu (cm)
4	-0,7	1,8
0	1,7	-1,0
0	-4,0	-1,0
0	0,6	-1,0
0	-4,9	-1,0
0	-3,3	-1,0
-2	-5,8	-2,4
-3	-1,5	-3,1
-4	-3,4	-3,8
-4	-2,4	-3,8
-5	-4,9	-4,5
-5	-1,2	-4,5
-5	-5,3	-4,5
-10	-7,2	-8,0
-10	-14,0	-8,0



Obrázek 3.11: *Bland-Altmanova analýza dat získaných po aplikaci modelu (3.1). Na ose x je zanesen průměr hodnot poklesu stanového modelem a změřeného tabletem. Na ose y jsou zaneseny rozdíly hodnot vypočtených a měřených tabletem, tyto rozdíly by měly být ideálně kolem 0 (přerušovaná černá čára). Výrazné odchýlení dat od nulového průměrného rozdílu značí na přítomnost chyby náhodné, nebo systematické, dle trendu. Zelená úsečka značí průměrnou hodnotu všech rozdílů (+0,7 cm). Červené čerchované čáry značí limity shody.*



Obrázek 3.12: Graf závislosti měření lékařem a měření na tabletu pro patientská data. Body v grafu jsou proloženy přímkou symbolizující model vytvořený zpracováním testovacích dat (s rovnicí uvedenou v pravém horním rohu).

3.2 Automatické určení syndromu

Byla navržena aplikace umožňující automatické určení syndromu po zadání symptomů. Vstup tvoří tabulka ve formátu .xls, data jsou zpracována prostřednictvím skriptu *detection.m* v MATLABu a výsledky vypsány ve formátu .txt.

3.2.1 Testování principu

Do vstupní tabulky byly zadány symptomy, které jsem jako laik byla schopna vyhodnotit na základě interakce s pacientem při jeho návštěvě v ordinaci. Pacient byl v ordinaci za účelem měření poklesu paže, nicméně řada jiných symptomů je patrná na první pohled, případně na ně sám upozornil.

Po zpracování zadaných symptomů bylo vypsáno 5 odpovídající syndromů s různou pravděpodobností správnosti určení. První vypsáný syndrom byl určen se 100% jistotou detekce, další s 83% jistotou, následující dva syndromy měly shodnou pravděpodobnost 75% a poslední syndrom, který splňoval hranici 50% jistoty detekce, byl určen s 54% jistotou. Výpis nejpravděpodobnějšího a nejméně pravděpodobného syndromu je vložen níže na Obr. 3.13 a Obr 3.14.

Syndrom: krční mícha nad intumescencí
Relativní jistota detekce: 100

Urcené symptomy:

Chůze:neschopen
DK hybnost:paréza
DK spastické:pozitivní
DK čití dotek:hypestézie
HK Dufour:pokles
HK Mingaz :pokles
HK hybnost:paréza
HK reflexy:zvýšené
HK retard:pokles
HK spastické jevy:pozitivní
HK síla:oslabení
HK čití dotek:hypestézie

Dalsí symptomy:

DK Mingazz:pokles
DK reflexy:zvýšené
DK tonus:zvýšený
DK čití ladička:vyhaslá
HK tonus:spasticita
Kožní břišní:vyhaslé
Stoj - Romberg test:neschopen
hranice čití:C4
krční mícha nad intumescencí

Chybne urcene symptomy:

Obrázek 3.13: Výstup z textového souboru Results.txt po analýze zadaných symptomů do tabulky vstup.xls pomocí skriptu detection.m v programu MATLAB. V hlavičce výstupu je název syndromu a relativní jistota jeho detekce vzhledem k zadaným symptomům. „Urcené symptomy“ tvoří seznam symptomů, které jsem do vstupního souboru zadala jako vypořizované. „Další symptomy“ jsou uvedeny pro kontrolu a jejich přítomnost se u daného syndromu očekává. Chybně nebyly určeny symptomy žádné.

Syndrom: arteria spinalis anterior syndrom
Relativní jistota detekce: 58

Urcené symptomy:

DK spastické:pozitivní
DK čití dotek:hypestézie
HK Dufour:pokles
HK Mingaz :pokles
HK hybnost:paréza
HK retard:pokles
HK síla:oslabení

Dalsí symptomy:

DK Mingazz:pokles
DK hybnost:paraparéza
DK reflexy:zvýšené
DK tonus:zvýšený
DK čití bolest:hypestézie bilat
HK reflexy:vyhaslé
HK spastické jevy:negativní
HK tonus:snížený
HK čití bolest:hypestézie bilat
Kožní břišní:vyhaslé
arteria spinalis anterior syndrom
hranice čití:krční-hrudní segmenty
inervace močového měchýře:retence

Chybné urcené symptomy:

Chůze:neschopen
DK hybnost:paréza
HK reflexy:zvýšené
HK spastické jevy:pozitivní
HK čití dotek:hypestézie

Obrázek 3.14: Výstup z textového souboru Results.txt po analýze zadaných symptomů do tabulky vstup.xls pomocí skriptu detection.m v programu MATLAB. V hlavičce výstupu je název syndromu a relativní jistota jeho detekce vzhledem k zadaným symptomům. „Urcené symptomy“ tvoří seznam symptomů, které jsem do vstupního souboru zadala jako vypořizované. „Další symptomy“ jsou uvedeny pro kontrolu a jejich přítomnost se u daného syndromu očekává. Chybně bylo určeno celkem 5 symptomů.

4 Diskuse

Cílem experimentu provedeného na 15 probandech bylo v první řadě zjistit, zda existuje vztah mezi hodnotou poklesu paže a mezi výsledky klasických zkoušek. Předpokládána byla přítomnost lineární závislosti mezi poklesem paže měřeným na tabletu a Mingazziniho zkouškou provedenou lékařem. Závislost ostatních projevů parézy na poklesu končetiny jsem bez medicínských znalostí nemohla předpokládat, i když v práci Langa z roku 2013 [5] je zmíněna přítomnost vztahu mezi parézami jednotlivých segmentů končetiny.

Analýzou korelačních vztahů (Tab. 3.1) byla prokázána přímá lineární závislost mezi metodami měřícími pokles paže – zkouškou Mingazziniho provedenou lékařem a změřenou na tabletu. Tendence k nepřímé lineární závislosti se projevila u vztahu mezi poklesem paže a zkouškou retardace, korelační koeficient je nicméně stále poměrně nízký a nelze to tedy bezpečně tvrdit. Pro potvrzení tohoto vztahu by bylo nezbytné nasbírat více dat. Mezi zkouškami Hanzalovou, Dufourovou a Barrého a kvantitativně určeným poklesem paže nebyla prokázána lineární závislost. Neprůkaznost lineární závislosti nicméně neznamená, že nemůže existovat. Skupina 15 pacientů je příliš malá a zapříčiňuje nízkou sílu statistického testu. Korelační koeficient blízký nule může také znamenat přítomnost jiné než lineární závislosti.

Protože nebylo možné prokázat jednoznačnou závislost výsledků jednotlivých testů (kromě Mingazziniho) na poklesu paže, je práce zaměřena především na pozorování přesnosti výsledků zkoušky Mingazziniho.

Pro posouzení přesnosti hodnocení Mingazziniho zkoušky lékařem bylo nezbytné naměřit více než jen 15 pacientů. Vzhledem k charakteru testu (hodnocení poklesu) bylo možné data získat simulací. Díky simulovaným poklesům jsem získala rovnoměrný vzorek měřených poklesů pro rozsah 0-16 cm. Maximální pokles 16 cm byl zvolen s ohledem na pracovní plochu tabletu. Hodnota maximálního poklesu není nijak omezující, protože v klinické praxi by se hlubší pokles těmito klasickými metodami stejně už nezkoumal.

Po naměření testovacího souboru dat mě zajímalo, zda se od sebe metody stanovení poklesu paže liší, nebo ne. Z grafu Bland-Altmanovy analýzy pro naměřený soubor dat (Obr. 3.4) je zřejmé, že metody nejsou shodné a že chyba hodnocení poklesu se zvyšuje s poklesem pod -10 cm. Na grafu je viditelný trend nárůstu chyby pro měření výraznějších poklesů. Rozložení bodů v grafu ukazuje na přítomnost systematické chyby u vyšetření lékařem.

Pro názornější zobrazení charakteru chyby byly vytvořeny grafy Bland-Altmanovy analýzy pro hodnoty poklesu 0-10 cm a 10-16 cm (Obr. 3.5 a 3.6). Analýzou hodnot nízkých poklesů (Obr. 3.5) se podařilo snížit průměr rozdílů měření jednotlivými

metodami z původních -2 cm na -0,5 cm. Všechny body oscilují v těsné blízkosti průměrné hodnoty (která je zároveň velmi blízká 0) a velikost intervalu limitů shody, ve kterém se nacházejí, je pro klinické hodnocení poklesu paže dostačující. Na Obr 3.6 je oproti tomu zobrazen výrazný rozptyl bodů kolem průměrné hodnoty, která klesla na -3,34 cm. Většina bodů sice leží v intervalu, který tvoří limity shody, nicméně jeho rozsah je až do rozdílu -8 cm, což je nepřijatelná hodnota chyby při vyšetření. Metoda určování poklesu lékařem pro tento případ silně selhává. Porovnáním Obr. 3.5 s Obr. 3.6 je zřejmé, jak úzký je rozptyl hodnot v případě poklesů v intervalu 0-10 cm a jak vysoká je chyba při poklesech pod -10 cm.

Přítomnost systematické chyby u prováděné metody nabádá k vytvoření modelu, díky kterému by se chyba odhadu mohla eliminovat. Na základě zjištění, že u rozsahu poklesu většího než -10 cm dochází k velké chybě lékaře, by se jevil jako vhodné rozdělit data na dvě části i pro tvorbu matematického modelu. Tato úvaha se pro vytvoření co nejpřesnějšího modelu ale nepotvrdila. Rozdělení dat na dva intervaly sice zapříčiní, že se křivka lineární regrese pro případ poklesů od 0 do -10 cm svým sklonem přiblíží velmi blízko vztahu $y = x$, nicméně samotný model by měl menší koeficient determinace (R^2) – horší shodu s naměřenými daty. Protože není snaha vytvořit model s co nejideálnější lineární charakteristikou, ale model, který bude mít největší shodu s naměřenými daty, jsou za tímto účelem použita testovací data na celém rozsahu poklesů (Obr. 3.7). Vytvořený model $y = 0,6994 \cdot x - 0,9764$ má koeficient determinace $R^2 = 0,8858$. Koeficient determinace modelu je dostatečně vysoký na to, aby model mohl být považován za vhodný a rovnice použita pro zpracování dat měřených na pacientech.

Nezbytné bylo ověření správnosti modelu na patientských datech. Na Obr 3.10 je zobrazena Bland-Altmanova analýza pro data měřená na pacientech. Protože pokles u žádného pacienta nepřekročil -10 cm, předpokládala jsem (na základě testovacího měření) malý rozdíl mezi metodami. Výsledkem je nicméně výrazný rozptyl hodnot a velké rozdíly mezi poklesy stanovenými lékařem a těmi změřenými. Po aplikaci modelu na naměřená data se očekávalo snížení rozdílů mezi metodami. Na Obr 3.11 můžeme vidět, že rozdíly metod se sice snížily a stejně tak i rozptyl, ale výsledek stále není zcela uspokojivý a dle očekávání. Na Obr. 3.12 je graf znázorňující rezidua. Model prokládá data nad očekávání dobře a nebýt velké chybovosti u určení nulového poklesu lékařem, jevil by se jako užitečný. Dle tohoto grafu se zdá, že model je statisticky správný, protože rozložení bodů okolo vztažné přímky znázorňující model se jeví jako nahodilé a body jsou k přímce relativně blízko, je třeba ale uvážit fakt, že dat je velmi málo a trend se v nich nemusel projevit. Dále je nutné počítat s tím, že se jedná pouze o obecné ověření statistické správnosti modelu. Skutečnost, že model není dostačující pro klinickou praxi, je zjevná už jen z porovnání naměřených a přepočtených hodnot poklesů v Tab. 3.2.

Výrazný rozdíl výsledků metod vyšetření u patientského souboru dat je z největší části způsoben samotnými pacienty. Většina pacientů, na kterých se měření prováděla a u kterých je nejčastější výskyt CMP, jsou jedinci ve velmi pokročilém věku.

Řada pacientů trpěla určitým stupněm artrózy ramenních kloubů, nebo deformacemi končetin. Pro lékaře je tedy nesmírně obtížné určit výchylku paží, když pacient trpí například deformací ruky, nebo když mu bolest ramenou nedovolí zvednout končetiny do dostatečné výšky. Další problém tvoří případy velmi malých poklesů, které lékař není schopen detekovat a určí je jako nulové.

Z ověřování vytvořeného matematického modelu na patientských datech vyplývá, že jeho použití je sice přínosné, ale ne natolik, aby se vyplatilo jej používat. Model je sice po statistické stránce správný, ale není vhodný. Vztah mezi měřením na tabletu a vyšetřením lékařem vznikl na základě dat nasimulovaných zdravým jedincem. Odhad výchylky paží byl tedy pro lékaře oproti klasickému měření značně zjednodušen. Při simulaci jsem držela obě paže ve stejné úrovni, prsty narovnané, bez třesu. V případě vyšetření na pacientovi je vyšetření obtížnější. Téměř vždy je přítomný třes a řada probandů měla problémy s narovnáním paží, či prstů.

Do budoucna bych spíše, než matematický model, navrhovala používání tabletu. Pokud by byl přeci jen o model zájem, bylo by nezbytné ho vypracovat z velké množiny dat naměřených na pacientech, ale ne z dat simulovaných zdravým jedincem.

Protože jsem zjistila výraznou chybovost klinického hodnocení poklesu horní končetiny, tak navrhuji zavést v rámci standardního vyšetření metodu měření Mingazziniho zkoušky pomocí tabletu. Předpokladem pro zavedení metody do praxe by mělo být doplnění Mingazziniho testu do aplikace Parkinson Disease Database. Není možné pokles na každém grafu ručně přeměřovat, tato vlastnost aplikace by tedy byla stěžejní. Test by mohl být dále doplněn o vykreslení pravděpodobností elipsy. Mohlo by být zajímavé sledovat vůči sobě rozkmit zdravé a paretické končetiny. Nebylo by špatné také zlepšení úchytu pera na ruku pacienta, to by mohlo být vyřešeno například použitím cyklistické rukavice s všitým úchytem na stylus.

Výhody měření poklesu paže s použitím tabletu, jako je vysoká přesnost a možnost analýzy dynamiky pohybu, převyšují nevýhody jako je určité nepohodlí pro pacienta a potřeba více času na vyšetření. Časová náročnost měření by se doplněním databáze o Mingazziniho test výrazně snížila a nepohodlí by mohl vyřešit jiný systém úchytu pera.

V rámci práce byla také navržena aplikace pro automatické určení syndromu ze zadaných symptomů. Aplikace je jednoduchá na použití a dle požadavků lékaře připravená k rozšiřování o další libovolný počet syndromů a symptomů. Rozšíření mohou provádět sami lékaři bez nutnosti vstupu do kódu pouhým upravením tabulky ve formátu .xls. Aplikace pro automatické určení syndromu by mohla sloužit jako podpůrný, či testovací prostředek pro studenty medicíny. Dále by se mohla využívat jako kontrolní prvek pro ověření diagnózy stanovené lékařem. V případech, kdy aplikace určí nějaký syndrom s nižší než 100% jistotou (Obr. 3.14), je nezbytné, aby lékař vyhodnotil důvod poklesu jistoty a zvážil například možnou přítomnost dvou syndromů, jejichž symptomatika se překrývá.

V budoucnu by mohla být aplikace naprogramována v multiplatformním jazyce (jako je například JAVA), aby nedocházelo k problémům se spuštěním na různých operačních systémech a prostředí bylo volně šiřitelné bez ohledu na licence. Pro využití za účelem výuky by bylo vhodné zapojit i grafickou složku a použít například snímek mozku jakožto interaktivní část aplikace. V tomto případě by se po označení oblasti zájmu otevřel seznam syndromů a symptomů typických pro patologie v dané oblasti mozku.

5 Závěr

Byl navržen a realizován experiment na pacientech po CMP. Z naměřených dat se nepodařilo prokázat přítomnost korelace mezi poklesem paže a zkouškou Hanzalovou, Dufourovou, ani Barrého. Tendence k lehké lineární závislosti se projevila u zkoušky retardace, ale korelační koeficient $r = -0,488$ byl vyhodnocen jako neprůkazný. Lineární závislost vůči poklesu paže změřené tabletem byla prokázána u zkoušky Mingazziniho ($r = 0,705$ a pro větší soubor dat $r = 0,943$).

Pro zhodnocení validity klinického hodnocení poklesu paže bylo nutné zjistit, jak se posouzení lékaře liší od měření pomocí tabletu. Vyhodnocením grafů Bland-Altmanovy analýzy (Obr. 3.4, 3.5 a 3.6) byla stanovena přítomnost systematické chyby při provádění klasického testu lékařem a výrazná chybovost při hodnocení poklesů nižších než -10 cm.

Z testovacích dat byl vytvořen model ($y = 0,6994 \cdot x - 0,9764$) pro optimální predikci poklesu, který měl eliminovat chybu odhadu lékaře. Model je sice statisticky správný, ale při využití na patientských datech nebyl příliš úspěšný. Problémem je tvorba modelu z dat, které byly simulovány zdravým jedincem a tedy příliš ideálně. Model by bylo vhodné vytvořit z velkého souboru dat vzniklých na základě měření provedeného na pacientech, protože každý pacient zanáší do měření určitou chybu, která nasimulovat nelze.

Použití grafického tabletu pro snímání poklesu paže u pacientů po CMP se ukázalo jako přínosné. Byly zjištěny výrazné rozdíly mezi hodnocením poklesu paže lékařem a přesně změřenými hodnotami na tabletu. Používání tabletu pro měření zkoušky Migazziniho v praxi mohu po zhodnocení výsledků studie jen doporučit. Nezbytným krokem před zavedení metody by ale měla být aktualizace aplikace Parkinson Disease Database a její doplnění o Mingazziniho test, který by umožnil okamžitou analýzu maximální vertikální výchylky.

Aplikace pro automatické určení syndromu byla navržena v MATLABu. Funkčnost aplikace byla ověřena zadáním symptomů, které jsem byla sama schopna zaznamenat při návštěvě pacienta v ordinaci. Výsledky jsou přehledné a poskytují seznam dalších symptomů, které se buď nemusí na pacientovi projevovat, nebo si jich vyšetřující osoba nemusí všimnout (Obr. 3.13 a 3.14). Do budoucna bych navrhovala přepis kódu do multiplatformního programovacího jazyka a rozšíření o interaktivní grafickou složku.

Seznam použité literatury

- [1] KALITA, Z. Národní cerebrovaskulární program. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*, 2004, roč. 67, s. 4–7.
- [2] PAPOUŠEK, Jiří. Rehabilitace po cévní mozkové příhodě. In: *Medical tribune CZ: Tribuna lékařů a zdravotníků* [online]. Praha, 2010 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/clanek/20230-rehabilitace-po-cevni-mozkove-prihode>
- [3] PFEIFFER, Jan. *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. Praha: Grada, 2007, s. 58-68. ISBN 978-80-247-1135-5.
- [4] AMBLER, Zdeněk. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 6., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén, c2006, s. 111. ISBN 80-7262-433-4.
- [5] LANG, C. E., BLAND, M. D., BAILEY, R. R., SCHAFER, S. Y., & BIRKENMEIER, R. L., *Assessment of Upper Extremity Impairment, Function, and Activity Following Stroke: Foundations for Clinical Decision Making*, Journal of Hand Therapy: Official Journal of the American Society of Hand Therapists, ročník 26, číslo 2, 2013, pp. 104–115 s., <http://doi.org/10.1016/j.jht.2012.06.005>
- [6] Neurologické vyšetření. *Multimediální vzdělávací program pro výuku neurologie: Pregraduální výuka neurologie* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <https://el.lf1.cuni.cz/neurologie>
- [7] Pyramídové zjavy deficitné (zánikové, paretické). ČERNÁČEK, Jozef. *Neurologická propedeutika*. Bratislava, 1955, s. 83-87.
- [8] Wacom Intuos 3. In: *Product design hub: Industrial desing community and Resources* [online]. 2014 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://productdesignhub.com/wp-content/uploads/2014/05/intuos3-special-edition-a5-wide-usb.jpg>
- [9] HANZLÍK, Michal. *Aplikace pro diagnostiku pacientů Hautantovým testem*. Praha, 2011. Bakalářská práce. České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, Katedra počítačů. Vedoucí práce Ing. Miroslav Skrbek, Ph.D.
- [10] LANGHORNE, Peter, Julie BERNHARDT a Gert KWAKKEL. Stroke rehabilitation. *The Lancet* [online]. 2011, roč. 377, č. 9778, s. 1693-1702 [cit. 2016-06-27]. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60325-5. ISSN 01406736. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673611603255>
- [11] JORGENSEN, H.S., H. NAKAYAMA, H. RAASCHOU a H.O. OLSEN. Stroke: Neurologic and functional recovery the Copenhagen Stroke Study. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* [online]. 1999, roč. 10, č. 4, s. 887-906 [cit. 2016-06-27]. Dostupné z: Elsevier

- [12] VELSTRA, Inge-Marie, Carolina Saskia BALLERT a Alarcos CIEZA. A Systematic Literature Review of Outcome Measures for Upper Extremity Function Using the International Classification of Functioning, Disability, and Health as Reference. *PM&R* [online]. 2011, roč. 3, č. 9, s. 846-860 [cit. 2016-06-27]. DOI: 10.1016/j.pmrj.2011.03.014. ISSN 19341482. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S193414821100178X>
- [13] ALT MURPHY, Margit, Carol RESTEGHINI, Peter FEYS a Ilse LAMERS. An overview of systematic reviews on upper extremity outcome measures after stroke. *BMC Neurology* [online]. 2015, roč. 15, č. 1, s. 29- [cit. 2016-06-29]. DOI: 10.1186/s12883-015-0292-6. ISSN 1471-2377. Dostupné z: <http://www.biomedcentral.com/1471-2377/15/29>
- [14] JETTE, D. U, J. HALBERT, C. IVERSON, E. MICELI a P. SHAH. Use of Standardized Outcome Measures in Physical Therapist Practice: Perceptions and Applications. *Physical Therapy* [online]. 2009, roč. 89, č. 2, 125-135 [cit. 2016-06-29]. DOI: 10.2522/ptj.20080234. ISSN 0031-9023. Dostupné z: <http://ptjournal.apta.org/cgi/doi/10.2522/ptj.20080234>
- [15] SANTISTEBAN, Leire, Maxime TÉRÉMETZ a Jean-Pierre BLETON. Upper Limb Outcome Measures Used in Stroke Rehabilitation Studies: A Systematic Literature Review. *PLOS ONE* [online]. 2016, roč. 11, č. 5, s. 1-16 [cit. 2016-06-29]. DOI: 10.1371/journal.pone.0154792. Dostupné z: Web of Science
- [16] NOORKÕIV, Marika, Helen RODGERS a Christopher I PRICE. Accelerometer measurement of upper extremity movement after stroke: a systematic review of clinical studies. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation* [online]. 2014, roč. 11, č. 1, s. 144- [cit. 2016-06-30]. DOI: 10.1186/1743-0003-11-144. ISSN 1743-0003. Dostupné z: <http://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-144>
- [17] PIVNIČKOVÁ, Lucie. *Expertní systém pro diagnostiku poruch rovnovážného ústrojí člověka*. Zlín, 2015. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
- [18] JOHANSSON, Gudrun. *Clinical and kinematic assessments of upper limb function in persons with post-stroke symptoms*. Sweden, 2015. Medical Dissertation. Umeå Univeristy. Dostupné z: <http://umu.diva-portal.org/>
- [19] DOLEŽEL, Jan. *Diagnostika pacientů s Parkinsonovou poruchou*. Praha, 2007. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra počítačů. Vedoucí práce Ing. Miroslav Skrbek, Ph.D.
- [20] BRESLER, Martin. *Analýza dat z tabletu od pacientů s Parkinsonovou nemocí*. Praha, 2009. Bakalářská práce. České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, Katedra počítačů. Vedoucí práce Ing. Miroslav Skrbek, Ph.D.

- [21] *Web Plot Digitizer* [online]. c2010-2017 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://arohatgi.info/WebPlotDigitizer/>
- [22] Korelační analýza. *Katedra psychologie* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://kps.pedf.cuni.cz/skalouda/pokrocili/korelacni.htm>
- [23] Porovnání výsledků analytických metod. *Eurachem-ČR* [online]. 2012 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.eurachem.cz/user-files/files/metodicky-list-10.pdf>
- [24] DOHNAL, Luděk. Desatero pro porovnávání výsledků dvou metod. In: *Luděk Dohnal - osobní stránka* [online]. 2014, s. 1-6 [cit. 2017-05-8]. Dostupné z: <http://www1.lf1.cuni.cz/~ldohna/>
- [25] Úvod do regresní analýzy. In: *Statistica* [online]. c2004-2017, s. 1-7 [cit. 2017-05-8]. Dostupné z: <http://www.statsoft.cz/>
- [26] Diagnostika regrese pomocí grafu 7krát jinak. In: *Statistica* [online]. c2004-2017, s. 1-6 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.statsoft.cz/>

Příloha A: Dokumenty k provedení studie

- 1) Stanovisko etické komise
- 2) Vzor – Informovaný souhlas
- 3) Vzor – Protokol o vyšetření



FN MOTOL

ETICKÁ KOMISE PRO MULTICENTRICKÁ KLINICKÁ HODNOCENÍ
FAKULTNÍ NEMOCNICE V MOTOLE
Ethics Committee for Multi-Centric Clinical Trials of the University Hospital Motol
✉ V úvalu 84, 150 06 Praha 5 ☎ 224 431 195 📠 224 431 196 🌐
etickakomise@fnmotol.cz
www.fnmotol.cz

STANOVISKO ETICKÉ KOMISE K VÝZKUMNÉMU PROJEKTU OPINION OF THE ETHICS COMMITTEE ON RESEARCH PROJECT

Název projektu / Full Title of the Project :

Prospektivní studie pacientů s oslabením horní končetiny po cévní mozkové příhodě.

Zadavatel, žadatel a hlavní zkoušející / Sponsor, Applicant and Investigator :

**MUDr. Rudolf Černý CSc, Neurologická klinika 2.LF UK a FN Motol
Bc. Marcela Barešová, studentka Fakulty biomedicíny ČVÚT v Kladně**

Seznam hodnocených dokumentů	Schváleno Approved		Na vědomí Due notice	
	Ano Yes	Ne No	Ano Yes	Ne No
Žádost o stanovisko etické komise k výzkumnému projektu se souhlasem přednosty kliniky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protokol projektu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informovaný souhlas a informace pro subjekt hodnocení	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Životopisy: MUDr. Rudolf Černý, Bc. Marie Barešová	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

EK vydává /EC issues:

souhlasné stanovisko / favourable opinion

Datum přijetí / Date of Submission: **11. 1. 2017**

Jednací č. / Reference No.: **EK- 42 /17**

Datum jednání EK / Date of EC Session: **1. 2. 2017**

Etická komise prohlašuje, že byla ustavena a pracuje podle jednacího řádu v souladu se správnou klinickou praxí (GCP) a platnými předpisy / *The Ethics committee hereby declares that it was established and operates in accordance with its Rules of Procedure in compliance with Good Clinical Practice and valid legal regulations.*

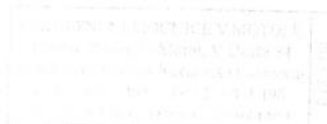
1. 2. 2017

MUDr. Vratislav Šmelhaus

Datum / Date

předseda/ Chairman

podpis předsedy EK / Signature of Chairman



Informovaný souhlas a informace pro subjekt hodnocení

Název projektu:

Prospektivní studie pacientů s oslabením horní končetiny po cévní mozkové příhodě.

Řešitelé:

as. MUDr. Rudolf Černý, CSc. (Fakultní nemocnice Motol), vedoucí projektu

doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D. (FBMI ČVUT), vedoucí projektu

Bc. Marcela Barešová (FBMI ČVUT), řešitel projektu

Poučení:

Vážená paní, vážený pane,

Projekt, jehož se účastníte, je výzkumným projektem prováděný na základě smlouvy o spolupráci mezi Fakultou biomedicínského inženýrství, Českého vysokého učení technického v Praze a Fakultní nemocnicí v Motole, na který je navázána diplomová práce s názvem „Prospektivní studie pacientů s oslabením horní končetiny po cévní mozkové příhodě“, studentky Marcely Barešové pod vedením doc. Ing. Jiřího Hozmana, Ph.D. na FBMI ČVUT.

V rámci diplomové práce dojde k měření hodnot poklesu paže pacienta pomocí tabletu se systémem pro automatické určení poklesu končetiny. Naměřené hodnoty budou porovnány s hodnotami stanovenými lékařem při provedení klasických testů na parézu horní končetiny. Cílem je zhodnotit, jak přesně je lékař schopen posoudit pokles paže a do jaké míry je vyšetření pomocí tabletu užitečné při po-rehabilitačních kontrolách.

Při samotném měření bude vždy přítomen lékař, který nejprve provede standardní vyšetření pomocí souboru testů na parézu horní končetiny, jehož součástí je vyplnění karty probanda, kde se zaznamenají informace o délce paží pacienta a o výsledku jednotlivých testů. V druhé části vyšetření bude pacientovi na prst ruky připevněn stylus (pero) pro zaznamenání pohybu paže a pacient si stoupne (sedne) před grafický tablet, kde podobným způsobem absolvuje jeden z již provedených testů. Pacient bude před měřením řádně poučen a postup měření mu bude demonstrován.

Klasické testy na parézu horní končetiny jsou neinvazivní a bezbolestné. Podstatou testů je sledování poklesu postižené paže pacienta, který poslepu provádí soubor cviků (dle metody). Měření pomocí tabletu probíhá pouze s tím rozdílem, že pacient má na prst připevněn stylus pomocí suchého zipu (zbytek testování probíhá stejně jako v první fázi). Měření by dohromady nemělo zabrat více než 15 minut.

Nejsou známa žádná vylučující kritéria pro absolvování jednotlivých testů a nejedná se o vyšetření, které by mohlo ohrozit Váš zdravotní stav.

Vaše osobní data nebudou pro účel studie schraňována. Váš záznam bude uložen pod specifickým identifikačním číslem. V průběhu vyšetření nebudou bez Vašeho souhlasu pořizovány žádné fotografie.

V případě újmy na zdraví vzniklé v souvislosti s průběhem projektu nese náklady na odškodnění probanda FBMI ČVUT, nicméně vzhledem k povaze studie se tato situace nepředpokládá. Účast na projektu je zcela dobrovolná a probandovi nevzniká nárok na finanční odměnu. Zároveň se nepředpokládají jakékoli výdaje v souvislosti s účastí (měření provedeno v ordinacích Fakultní nemocnice v Motole). Na přání probanda je možné okamžité ukončení účasti ve studii, bez postihu a bez důvodu.

Podepsáním tohoto písemného informovaného souhlasu souhlasíte s tím, že hlavní řešitelé a etická komise budou mít umožněn přímý přístup k původní klinické dokumentaci za účelem ověření průběhu studie anebo údajů a to aniž dojde k porušení důvěrnosti informací o Vaší osobě, v míře povolené právními předpisy. Záznamy, podle nichž lze identifikovat probandy, budou uschovány jako důvěrné a nebudou, v míře zaručené právními předpisy, veřejně zpřístupněny. Budou-li výsledky studie publikovány, totožnost probanda nebude zveřejněna. Proband v rámci studie vystupuje pouze pod ID číslem.

Vyskytne-li se v průběhu studie informace, která by mohla mít vliv na rozhodnutí probanda, zda pokračovat v účasti nebo ne, bude proband o této skutečnosti včas informován. Další informace týkající se této studie a práv probandů lze získat u výše zmíněných řešitelů.

Doba experimentu se předpokládá na 15 minut.

Studie se zúčastní přibližně 15 probandů převážně z řad pacientů Fakultní nemocnice v Motole.

Jméno probanda:

ID probanda:

Datum narození:

Odpovědný řešitel:

Datum:

Podpis probanda:

Podpis odpovědného řešitele:

Protokol o vyšetření*Vyšetření parézy horní končetiny po CMP***ID pacienta:**

Datum a čas měření:

Místo měření:

Teplota v místnosti:

Měřicí soustava:

Poznámka k měření:

Délka L paže*:..... cm

Délka L ruky***:..... cm

Délka P paže*:..... cm

Délka P ruky***:..... cm

* Délka natažené paže od akromia po špičku stilusu připevněného k ukazováku pacienta

** Délka ruky od zápěstí po špičku stilusu připevněného k ukazováku pacienta

I. Klasické testy – vyšetření lékařem

	L	P
<i>Mingazziniho zkouška</i>	Pokles paže cm	Pokles paže cm
<i>Hanzalova zkouška</i>	Pokles ruky cm	Pokles ruky cm
<i>Dufourova zkouška</i>	Přetočení ruky °	Přetočení ruky °
<i>Zkouška retardace</i>	Zpoždění: ANO / NE	Zpoždění: ANO / NE
<i>Barrého zkouška</i>	Rozsah abdukce: větší / menší	Rozsah abdukce: větší / menší

Diagnóza

Podpis vyšetřujícího lékaře:

.....

II. Testování pomocí grafického tabletu – vyšetření provede technik

	L	P
<i>Mingazziniho zkouška</i>	Pokles paže cm	Pokles paže cm
<i>Hanzalova zkouška</i>	Pokles ruky cm	Pokles ruky cm
<i>Dufourova zkouška</i>	Přetočení ruky ^o	Přetočení ruky ^o
<i>Zkouška retardace</i>	Zpoždění: ANO / NE	Zpoždění: ANO / NE
<i>Barrého zkouška</i>	Rozsah abdukce: větší / menší	Rozsah abdukce: větší / menší

Diagnóza:

Podpis technika:

.....

Příloha B: Obsah přiloženého CD

- Klíčová slova.pdf
- Abstrakt_cj.pdf
- Abstract_aj.pdf
- Zadání.pdf
- Diplomová práce.pdf

- Adresář *Přílohy DP*
 - Adresář *Automatické určení syndromu*:
 - detection.m
 - importData.m
 - vectorAdd.m
 - syn.xls
 - out.xls
 - vstup.xls
 - Results.txt
 - Adresář *Zdroj*

 - Adresář *Grafy*:
 - Pacienti
 - Původní
 - Změřené
 - Test lékař
 - Původní
 - Změřené

 - Adresář *Hodnoty*:
 - Tabulka hodnot.xlsx